

UNIVERSITY
OF
TORONTO
LIBRARY

Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
University of Toronto

http://www.archive.org/details/spracheundohraku00wolf

SPRACHE UND OHR.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

La
W8548s

SPRACHE UND OHR.

AKUSTISCH-PHYSIOLOGISCHE

UND

PATHOLOGISCHE STUDIEN

VON

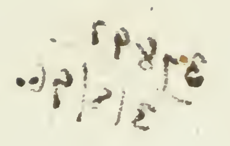
DR. OSKAR WOLF,
Ohrenarzt in Frankfurt a. M.

37897
3/8/96.

MIT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN
UND EINER FARBIGEN TAFEL.

BRAUNSCHWEIG,
VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN
1871.

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache,
sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.



INHALT.

Dritte Abtheilung.

Physiologischer Theil. Das normale menschliche Gehörorgan und seine Empfindungen.

EINLEITUNG.

Die vorliegende Arbeit verdankt ihre Entstehung zunächst einer Reihe von Beobachtungen, welche sich gelegentlich der Prüfung der Hörweite verschiedener Ohrenkranker ergaben. Es war mir bei dieser Prüfung aufgefallen, dass einzelne Laute der Sprache sehr leicht, andere sehr schwer von den betreffenden Ohrenkranken aufgefasst wurden.

Indem ich nun diese Verhältnisse näher zu analysiren suchte, erweiterte sich allmählig das Versuchsgebiet, es wurde nöthig zur Erläuterung der veränderten Gesetze, unter deren Einfluss das defecte menschliche Ohr seine Wahrnehmungen macht, auf das Geschehen im normalen näher einzugehen. Wenn wir die complicirten Gesetze der Lebensthätigkeit unserer Organe verstehen wollen, so müssen wir uns zuvor über die Grundlagen klar zu werden suchen, auf welchen diese Gesetze ruhen; die einzelnen Bausteine zum Fundament der Physiologie sind aber die Physik, die Chemie und die Histologie. Wie das Studium der einzelnen Zelle unsres Organismus den gemeinsamen Ausgangspunct für die physiologischen und pathologischen Forschungen der Neuzeit überhaupt bildet, so muss auch das Studium des naturwissenschaftlichen Characters der einzelnen Luft- oder Schallwelle, sowie der Lehre vom Schalle, der Grundstein für die Physiologie des Ohres sein. Es ist die auf das Ohr angewandte Physik des Schalles, die physicalische und physiologische Acustik, welche H. Helmholtz in seiner „Lehre von den Tonempfindungen“ in bahnbrechender Weise in die deutsche Wissenschaft eingeführt hat.

Wenn ich nun, der Anfänger in diesen Studien, es gewagt habe, angeregt durch die Helmholtz'schen Untersuchungen, einzelne von ihm zur weiteren Betrachtung empfohlene Capitel erneut in den Kreis der Discussion zu ziehen, so möge man meine Versuche mit Nachsicht

beurtheilen, wenn man erwägt, dass ich damit bestrebt war, eine Brücke zu bilden für zwei bisher getrennte Gebiete der Wissenschaft, welche sich so nahe berühren und doch bisher nicht vereint wurden, zwischen der physiologischen Acustik und der wissenschaftlichen Ohrenheilkunde.

So weit ich entfernt bin, für meine Versuche und Studien eine in jeder Beziehung unantastbare Basis zu beanspruchen, so sehr hoffe ich, dass sich bessere und kundigere Männer, vielleicht ein wenig angeregt durch die vorliegende Arbeit, entschliessen werden, durch weitere Untersuchungen die meinigen zu controliren und zu verbessern. Für die weitere Entwicklung der Ohrenheilkunde und für die Diagnostik der Hörstörungen wird dann gewiss manches Erspriessliche daraus erwachsen.

Doch ich kehre zur Erläuterung der Entstehungsgeschichte der vorliegenden Arbeit zurück. Als ich die mannigfachen Hörstörungen bei defectem schallzuleitendem Apparate (Trommelfell und Gehörknöchelchenkette) näher betrachtete, fand ich, dass gerade die Consonanten der Auffassung erhebliche Schwierigkeiten bereiteten, während die Vocale um vieles leichter verständlich erschienen. Ich hielt es daher für wichtig, den acustisch-physicalischen Character der einzelnen Laute der menschlichen Sprache näher zu präcisiren — in Bezug auf Tonhöhe, Klangfarbe und Tonstärke. Dabei war ich mir der Schwierigkeiten eines solchen Unternehmens wohl bewusst, als ich die bez. Litteratur durchforschte und fand, dass so hoch angesehene Männer der Wissenschaft wie W. v. Kempelen, Brücke, Czermak, Donders, Valentin, Alex. Ellis mit langjährigem Forschen Systeme zur Eintheilung der Consonanten aufgebaut haben. Ich fand in deren Schriften die eingehendste Erläuterung der Sprachlaute in Bezug auf die Physiologie ihres Entstehens am menschlichen Sprachwerkzeuge und auch sehr interessante linguistische Studien der verschiedenen Sprachen der Völker; aber ein möglichst einfaches, rein auf acustisch-mathematischen Grundlagen ausgearbeitetes System zur Eintheilung der Consonanten schien mir nicht ausreichend vorhanden, weil man bisher angenommen hat, dass die Consonanten Geräusche ohne bestimmbaren Toncharacter darstellten. Wenn ich ein solches System auf Grundlage der acustischen Versuche zu bilden mich bestrebt habe, so geschah dies gewiss nicht aus der Eitelkeit, die Zahl der vorhandenen Systeme um Eines zu vermehren, sondern lediglich desshalb, weil ich es für das Verständniss der folgenden Untersuchungen unbedingt für nothwendig hielt, eine solche Eintheilung voranzuschicken, welche die Consonanten in eine

möglichst geringe Anzahl acustisch definirbarer Gruppen zusammenfasst.

Als ich dann im Weiteren die berechneten Tonverhältnisse der Consonanten auf die Perceptionsresultate des defecten menschlichen Ohres übertrug und deren eigenthümliche und interessante Charactere nach den bestehenden mechanischen und physiologischen Gesetzen der Schallzuleitung mir zu erklären suchte, musste ich die bisher noch ganz zerstreuten rein physiologischen und acustisch-physiologischen Schriften und Aufsätze, welche das Ohr betreffen, sammeln, und glaubte ich damit einem langgehegten Wunsche eines grösseren Leserkreises zu entsprechen, wenn ich die bisherigen Ansichten der Forscher zu vereinigen strebte.

Ich hielt mich zugleich verpflichtet, manche dieser Ansichten, soweit es für den vorliegenden Zweck nöthig schien, erneut in den Kreis der Discussion zu ziehen, ohne mir über die so wichtigen Fragen, welche die bedeutendsten Männer noch fortwährend beschäftigen, ein irgendwie massgebendes Endurtheil zu erlauben.

Aus der Erwägung der eben angestellten Betrachtungen ergab sich die Eintheilung des vorliegenden Werkes. Der erste Theil will die elementare Zusammensetzung der einzelnen Laute der menschlichen Sprache nach den bestehenden acustisch-physicalischen Gesetzen analysiren, der zweite Theil, welcher im Einzelnen, so hoffe ich, den ohrenärztlichen Collegen von Interesse sein wird und als pathologischer Theil bezeichnet ist, soll die Eigenschaften des defecten menschlichen Ohres, insbesondere die ihm eigenthümliche Auffassung der verschiedenen Sprachlaute, characterisiren. Ich hielt es für besser, diesen pathologischen Theil dem nun folgenden physiologischen dritten Theile voranzuschicken, weil ich bei Begründung einer Anzahl physiologischer Betrachtungen auf die Beobachtungen am defecten menschlichen Ohre Bezug nehmen musste. Dem dritten Theile habe ich nicht, wie ich ursprünglich beabsichtigte, eine anatomische Skizze des Ohres hinzugefügt, weil ich für die vorliegende Arbeit bei einem Theil der Leser den Besitz und die Kenntniss der Helmholtz'schen „Lehre von den Tonempfindungen“ voraussetze, und dort bereits die für den Nichtspecialisten wichtigsten Abbildungen des Ohres das Verständniss erleichtern, während ich bei einem anderen Theile der Leser die anatomische Kenntniss des Paukenapparates anzunehmen berechtigt bin.

Ich wende mich an einen Leserkreis, welcher sehr verschiedene Geistesrichtungen vertritt und eine sehr verschiedene Vorbildung hat. Wie sich aus der Betrachtung ergiebt, welche ich vorausschickte,

habe ich die Grenzgebiete zweier junger Wissenschaften, der physicalischen und physiologischen Acustik einerseits und der Ohrenheilkunde andererseits, durch eine Brücke sich näher zu bringen gesucht. Es werden daher einige Betrachtungen besonders den Physiker von Fach, andere mehr den theoretischen Musiker und noch andere specieller den Arzt interessiren; desshalb habe ich mich bemühen müssen, so viel als möglich die Arbeit diesem supponirten Leserkreise allgemein verständlich darzustellen. Die Perceptionsversuche habe ich im Einzelnen aufgeführt — mehr, damit sie als Beleg für meine Behauptungen dienen, als vom Leser im Detail studirt werden mögen; ihre interessanteren Einzelheiten habe ich am Schlusse jedes Versuches zusammengestellt und besprochen.

Und nun erübrigt mir noch, der angenehmen Pflicht der Dankbarkeit zu genügen, indem ich zweier Männer gedenke, welche, indem sie sich die Erforschung und Cultivirung der erwähnten beiden Gebiete der Wissenschaft zur Lebensaufgabe und zur fruchtbringenden Anwendung ihres reichen Geistes erwählten, die Werke geschaffen haben, welche mich für ihre Sache begeisterten und den während der Arbeit zagenden anregten. Ich benutze diese Gelegenheit gern, um Herrn Geh. Rath Helmholtz in Heidelberg und Herrn Dr. Adam Politzer in Wien an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen — Ersterem für die Bereitwilligkeit und Güte, mit welcher er verschiedene Capitel der vorliegenden Arbeit mit mir besprach, Letzterem für die Anregung, welche er mir als Lehrer und Freund mündlich und brieflich stets hat zu Theil werden lassen.

ERSTE ABTHEILUNG.

ACUSTISCH-PHYSIOLOGISCHER THEIL.

STUDIEN

UEBER DIE

EINZELNEN LAUTE DER MENSCHLICHEN SPRACHE.

Erster Abschnitt.

Von den Beziehungen der menschlichen Sprache zur Musik und von den Vocalklängen.

Der ganze tonbildende Apparat des Menschen: Lungen, Luftröhre, Kehlkopf, Mund und Nasen-Rachenraum, ist ein musikalisches Instrument von einer solchen Vollkommenheit der Construction, dass es nicht nur fast alle Arten der künstlichen Instrumente in sich zu vereinigen im Stande, sondern auch noch zu Nuancirungen fähig ist, deren Hervorbringung von künstlichen Instrumenten niemals erreicht wird. Bisher betrachtete man es als ein Zungenwerk, dessen Blasebalg die Lungen, dessen Anspruchsrohr die Luftröhre, dessen Zungenwerk der Kehlkopf und dessen Ansatz- oder Resonanz-Rohr die Mundhöhle ist. Wie jeder der übrigen Sinnenapparate unsres Organismus erlangt auch das Sprachorgan seine Vollkommenheit im Wesentlichen dadurch, dass seine einzelnen Theile gegen einander willkürlich verschiebbar sind und zwar so ausserordentlich mannigfache und minimale Verschiebungen ermöglichen, dass es bis jetzt dem menschlichen Scharfsinn noch nicht ausreichend gelungen ist, die Entstehung und den Character aller Laute desselben zu analysiren.

Der unendlich mannigfaltige Wechsel der Stellung und Functionskraft aller seiner Theile erzeugt die verschiedensten Laute, Töne und Geräusche in wechselnder Tonhöhe, Klangfarbe und Tonstärke. Die menschliche Sprache ist Musik, sie ist die vollkommenste Musik, die es giebt, weil ihr Instrument das vollkommenste ist. Sie vereinigt alle möglichen Arten von Musik, die so unendlich verschieden bei den

Menschen zum Ausdruck gelangt, je nach Alter, Raçe, Bildung und Gemüth. So ist sie Symphonien von verschiedener Tonart zu vergleichen, denn es sprechen Kind und Jungfrau mit den weichen, zarten und elastischen Formen auch in einer ihren Eigenthümlichkeiten angepassten anmuthenden Tonart, während der Mann mit seinem mehr festen, weniger biegsamen, den Einflüssen der Aussenwelt trotzenden Körper und seiner härteren ernsteren Lebensanschauung, mit der mehr ausgeprägten Verstandes- als Gemüthsrichtung seines Seelenlebens auch diesem Wesen in seiner Sprachart Ausdruck giebt. Aber nicht nur Eigenthümlichkeiten des Körpers und Characters verräth die Sprache, sondern gar oft gewährt sie uns einen tiefen Einblick in das ganze Wirken und Schaffen eines bewegten Menschenlebens; sie lehrt uns Trauer und Freude, Arbeit und Müssiggang erkennen schon aus der Art, wie der Mensch seine Sprache handhabt. Wie weit ist der Weg, wie mühevoll und steil, welchen die Sprache zeigt, wenn sie das Kind mehr gleichförmig und einfach gebraucht, bis zur ausgebildeten Formenschönheit und Mannigfaltigkeit der Ausdrucksweise des redegewandten Staatsmannes oder des dramatischen Künstlers! Wie manche Stufe musste in saurer Geistesarbeit erklommen werden bis zu dieser Höhe der Entwicklung!

Aber nicht nur die Ausbildung des einzelnen Menschen zeigt sich aus den harmonischen Verhältnissen seiner Ausdrucksweise und seines Wesens, es lässt sich die Cultur ganzer Völker nach der Ausbildung ihrer Sprache bemessen. Cultur- und Sprachentwicklung halten stets gleichen Schritt. Wie gross ist der Unterschied zwischen den fast thierischen Lauten wilder Völkerstämme und dem harmonischen Ebenmaass in der Sprache der Blüthezeit des römischen und griechischen Volkes! Wie arm und eintönig ist die Sprache jener und wie unendlich reich und biegsam dagegen diejenige, welche der Vertreter der höchsten griechischen Cultur, Demosthenes, zum Ausdruck brachte! Noch heute sind allen Gebildeten die Dispositionen, die Kraft und die Formenschönheit eines Cicero mustergültig, mit dessen Sinken auch die Blüthe der freigeistigen Entwicklung Roms, dieser Republik des Geistes, dahinsank.

Dass die Gründe für das Wohlthuende und das menschliche Ohr angenehm Erregende in der Sprache der Culturvölker nach naturwissenschaftlichen Gesetzen erklärt werden könnten, so dass die einzelnen Laute der Sprache physicalisch und mathemathisch definirbar und unter die Gesetze der Harmonielehre einreihbar sein könnten, das haben freilich die Alten nur unbewusst empfunden, während es erst

Aufgabe der neueren Zeit geworden ist und der weiteren Forschung vorbehalten bleibt, die grossartigen Fortschritte in der Physik auch diesem Gebiete nutzbar zu machen.

Bis auf die neuere Zeit war das Studium der menschlichen Sprache als Musik, d. h. die Analyse der einzelnen Sprachlaute nach acustisch-physicalischen Gesetzen, nicht sonderlich gepflegt, bis Willis und Donders mit der Definition der Vocalklänge begannen und Helmholtz in seiner „Lehre von den Tonempfindungen“ diesem Zweige der Wissenschaft eine neue Bahn eröffnete. In welcher Art und Weise und mit welchem Feuereifer schon Wolfgang v. Kempelen zu Ende des vorigen Jahrhunderts das Studium der Sprachlaute pflegte, werden wir weiter unten (s. das betreffende Capitel) ausführlicher kennen lernen.

Es handelt sich nach Helmholtz *) bei der Untersuchung des Klanges der menschlichen Stimme wesentlich darum, auf welchen Ton die in der Mundhöhle eingeschlossene Luftmasse gerade abgestimmt ist, wenn der Kehlkopf den Vocal ertönen lässt, d. h. welche Stellung die Mundhöhle mit Hilfe von Zunge und Lippen einnimmt. Am Zungenwerke des Kehlkopfes entsteht also der Ton oder vielmehr ein Ton mit einer Reihe von Obertönen; — aber wesentlich der Ton, resp. derjenige Oberton kommt verstärkt zur Perception, d. h. „fällt ins Ohr“, wie man sich im gewöhnlichen Leben ausdrückt, auf welchen die in der Mundhöhle eingeschlossene Luftmasse abgestimmt ist. Wie bekannt, fand Helmholtz zuerst mit Hilfe von Stimmgabeln die Tonhöhe dieser Luftmasse und zwar in der Art, dass er seinem Munde die Stellung gab, als wollte er den betreffenden Vocal aussprechen, und dann verschieden abgestimmte tönende Stimmgabeln dicht vor die Lippenöffnung hielt. Derjenige Stimmgabelton, welcher am stärksten resonirte, für den war jedesmal in dem Falle die in der Mundhöhle eingeschlossene Luftmasse abgestimmt. Weiter controlirte dann Helmholtz die so gefundenen Tonhöhen der Luftmasse mit Hilfe der Resonatoren, indem er musikalisch gebildete Männerstimmen der Reihe nach die Vocale rein aussingen liess, während er einen Resonator, welcher auf den auf die angegebene Art gefundenen Ton abgestimmt war, ins Ohr setzte. So war z. B. die Resonanz bei dem auf b^{I} abgestimmten Resonator am kräftigsten, der Ton schmetterte förmlich ins Ohr, wenn die Bassstimme, natürlich unter Festhaltung eines der harmonischen Unter-

---

*) H. Helmholtz: Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. Braunschweig bei Vieweg. 1863. pag. 166 u. ff.

töne des b^I, sei es b oder es oder B, Ges, Es, den Vocal O rein und voll sang.

Schon Donders *) fand, dass bei Aussprache der Vocale die Eigentöne der Mundhöhle sehr constant sind und fast vollständig unabhängig von Alter und Geschlecht.

Was der kindlichen Mundhöhle an Geräumigkeit abgeht, kann durch engeren Verschluss der Oeffnung ersetzt werden, so dass die Resonanz doch ebenso tief werden kann, wie in der grösseren männlichen Mundhöhle.

Da die Angaben von Donders und Helmholtz über die Tonhöhen stärkster Resonanz der Mundhöhle bei Aussprache der Vocale etwas differiren, so halte ich es für zweckmässig, das von Helmholtz gewählte Schema für die Vocalklänge hier noch einmal vorzuführen, indem ich glaube, dass es für das Verständniss der folgenden Ausführungen nöthig sein wird.

Vocal	Tonhöhe nach Donders	Tonhöhe nach Helmholtz
U	f^1	f^0
O	d^I	b^I
A	b^I	b^{II}
Ö	g^I	cis^{III}
Ü	a_{II}	g^{III} - as^{III}
E	cis	b^{III}
I	f^{III}	d^{IV}

Um die Vocale künstlich darzustellen erfand Helmholtz seinen bekannten und berühmten Vocalapparat mit Hilfe verschieden abgestimmter Stimmgabeln **). Derselbe war jedoch in seiner ursprünglichen Gestalt theuer und schwer zu handhaben; desshalb benutzte G. Appunn als Tonquelle 2 Reihen hölzerner Labialpfeifen. Diese mussten im Momente des Gebrauches erst regulirt und abgestimmt werden, damit sie den Vocalcharackter wirklich darstellen konnten. Den Vocal I gelang es nicht einmal vollständig treu wiederzugeben.

*) Ueber die Natur der Vocale. Erste briefliche Mittheilung an Herrn Prof. Brücke von F. C. Donders. Ueberdruck aus dem Archiv für die holländischen Beiträge zur Natur- und Heilkunde. B. I, 1857.

**) Tonempfindungen pag. 176.

Zungenpfeifen eignen sich schon desshalb besser für die Erzeugung eines den Vocalen ähnlichen Klanges, weil der Ton an ihnen in ähnlicher Art entsteht, wie an den menschlichen Stimmbändern. Der Klang der Zungenpfeifen enthält gleichfalls eine Reihe von Obertönen. Bis jetzt (Januar 1870) hat Appunn erst zwei Vocale*), das U und das A, so nachgebildet, dass durch eine oder durch die Verbindung mehrerer die entsprechenden vorherrschenden Töne des betreffenden Vocales gebenden Zungen in einem hölzernen Pfeifenkasten der Vocallaut entsteht; während durch eine entsprechend abgestimmte Resonanzkugel, welche auf die obere Oeffnung der Pfeife aufgesetzt wird, der eine oder andere Oberton der Zungen sich mehr oder weniger abdämpft. Die Kugel vertritt hier im Apparate die menschliche Mundhöhle, und der Klang des Apparates stellt auf diese Weise ganz täuschend den Vocalcharacter dar.

Fig. 1.

f e b a

Fig. 2.

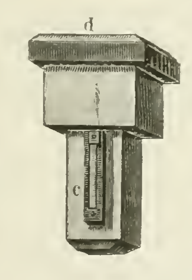


Fig. 1 zeigt die ganze Zungenpfeife mit Resonanzkugel.

Fig. 2 stellt das Zungenwerk derselben dar. Die Zunge ist an einem kleineren Resonanzkasten so befestigt, dass sie nach beiden Seiten hin frei ausschwingen kann. An den verschiedenen Wänden desselben Kästchens kann man noch mehrere Zungen anbringen. Die Pfeife wird mittelst des Ansatzrohres a auf einen beliebigen Blasetisch aufgesetzt**). Der Wind strömt dann durch das Ansatzrohr a (Fig. 1) in den grossen Resonanzkasten b, findet nun keinen anderen Ausweg als durch die Spalten neben der Zunge c (Fig. 2), setzt die Zunge in Schwingungen, welche sehr regelmässig sind, weil der Wind von allen Seiten frei und gleichmässig auf die Zunge einwirkt, entweicht durch die Oeffnung bei d (Fig. 2) in die metallene Resonanzkugel e (Fig. 1) und tritt endlich aus dieser durch ihre obere Oeffnung bei f aus.

*) An der Herstellung der Pfeifen für die übrigen Vocale wird noch gearbeitet.

**) Die Oeffnungen an den Appunn'schen Blasetischen sind alle genau von derselben Grösse, so dass alle seine Apparate in jede der 6 oder 8 Oeffnungen des Blasetisches hineinpassen.

Zweiter Abschnitt.

Von den Consonanten.

1. Plan der Untersuchung, technische Hilfsmittel und Eintheilung.

Wie aus dem Eingangs dieser Arbeit aufgestellten Verzeichniss hervorgeht, ist die Litteratur über die Physiologie der Sprachlaute eine so reichhaltige und es finden sich in derselben so zahlreiche Systeme der Eintheilung der Consonanten, dass es die Grenzen der vorliegenden Arbeit weit überschreiten würde, wollte ich die Systeme der Eintheilung hier im Einzelnen aufführen. Dagegen werde ich gelegentlich der acustisch-physiologischen Definition der einzelnen Consonanten den bezüglichen Ansichten über ihre physiologische Entstehung, wie sie unter Anderen Kempelen, Brücke, Alexander J. Ellis und Czermak dargestellt haben, soviel als möglich Rechnung tragen. Es finden sich schon bei diesen Forschern manche Anhaltspuncte für die von mir nach rein acustisch-physiologischen Principien gewählte Eintheilung, welche, wie ich in der Einleitung erwähnte, lediglich den Zweck gehabt hat, eine möglichst einfache und rasche Auffassung des acustischen Characters dieser Laute zu begünstigen. Es sollen dadurch keineswegs die früheren sehr weit angelegten und trefflich begründeten rein physiologischen Systeme der Lautbildungslehre in den Hintergrund gedrängt werden; aber soviel ich in der bezüglichen Litteratur forschte, habe ich nirgends Feststellungen über die Frage, ob eine Eintheilung nach den verschiedenen Tonhöhen der Consonanten möglich sei, auffinden können. Auch

das in der neuesten Zeit erschienene Werk von G. Gottfried Weiss*), welches im Uebrigen vielfach auf die acustisch-physiologischen Lehren, wie sie Helmholtz aufgestellt hat, Bezug nimmt, folgt bei der Eintheilung der Consonanten nur den früheren Ansichten; da es aber diese zusammenzufassen scheint, so mag es nicht uninteressant sein, das dort Gesagte hier kurz anzuführen. Es heisst dort **):

„Jeder Buchstabe des A-B-C hat als Schriftzeichen seinen Namen, als Lesezeichen seinen Laut. Bei einigen bildet der Laut gleichzeitig den Namen, oder, wie man allgemeiner sagen könnte, der Laut ist geeignet, den Namen zu geben. Dies sind die sogenannten Selbstlauter (Vocale) A, E, I, O, U. Bei anderen tönt der Laut im Namen mit; dies sind die Mitlauter (Consonanten). In diese beiden Classen zerfallen die Buchstaben des Alphabetes zunächst. Die Mitlauter können wieder in zwei Unterabtheilungen geschieden werden, nämlich in eine Abtheilung solcher Mitlauter, welche bei ihrer lauten sprachlichen Anwendung an und für sich von einer Tönung begleitet sein können: B, D, G, W, weiches S, Jot, L, R, M, N, und N nasale (N vor G und K) und solche, bei denen dies nicht möglich ist: P, T, K, F, hartes S, C, Ch u. s. w., wesshalb die letzteren tonlose, die ersteren tönende heissen."

„Die Gehörsempfindung, welche den Unterschied der Mitlauter characterisirt, gehört in die Categorie der Luftgeräusche. Diese Luftgeräusche können wir in 3 Arten eintheilen, und zwar":

„1. Explosive, 2. Reibungs- und 3. Flatter-Luftgeräusche." Unter die Explosivae rubricirt Weiss P und B, T und D, K, G und Q, unter die durch Reibungsgeräusch hervorgebrachten S, Ss, Sz und Sch, L, F und V, M und N und H. Als Repräsentanten der durch Flattergeräusche hervorgebrachten bezeichnet Weiss das R und zwar wesentlich das durch die Vibrationen der Zungenspitze hervorgebrachte R linguale."

Da mir explosive, Reibungs- und Flattergeräusche nach acustischen Gesetzen nicht definirbar erschienen, so suchte ich nach anderen Eigenschaften, nämlich Tonhöhe, Klangfarbe und Tonstärke der Consonanten, um hiernach ein System der Eintheilung zu gewinnen. Ehe ich aber zur Erläuterung desselben übergehe, will ich zuerst die Leser mit der Methode der Prüfung und den technischen Hilfsmitteln, welche mir dabei zu Gebote standen, bekannt machen.

---

*) Allgemeine Stimmbildungslehre für Gesang und Rede, mit anatomisch-physiologischer Begründung dargestellt von G. Gottfried Weiss. Braunschweig bei Vieweg 1868.

**) l. c. pag. 128.

Die Methode, nach welcher Donders die Tonhöhen der Vocalklänge bestimmte *), schien mir auch für die Analyse der acustischen Eigenschaften der Consonanten in einiger Beziehung anwendbar. Er fand nämlich nicht wie Helmholtz mit Hilfe von Stimmgabeln die Tonhöhen der in der Mundhöhle eingeschlossenen Luftmasse, sondern mittelst des Luftgeräusches, welches der Luftstrom beim Flüstern im Munde hervorbringt.

Helmholtz sagt darüber:

„Die Mundhöhle wird dabei gleichsam wie eine Orgelpfeife angeblasen und verstärkt durch ihre Resonanz die entsprechenden Töne des Luftgeräusches, welches theils in der verengerten Stimmritze, theils in den vorderen verengerten Stellen des Mundes, wo dergleichen sind, hervorgebracht wird. Dieses Luftgeräusch, wenn es auch nicht zum vollen musicalischen Tone wird, zeigt doch schon eine ziemlich eng begrenzte Tonhöhe, welche sich durch ein geübtes Ohr bestimmen lässt. Nur irrt man sich, wie in allen solchen Fällen, wo Töne von sehr verschiedener Klangfarbe zu vergleichen sind, leicht in der Octave. Hat man aber einige von den Tonhöhen, auf die es ankommt, mittelst der Resonanz von Stimmgabeln bestimmt, andere wie ü, ö dadurch, dass man sie in regelmässiges Pfeifen überführt, so sind die übrigen leicht zu bestimmen, indem man sie mit den ersteren in melodischer Folge zusammenfügt."

In der That variiren die von Helmholtz und Donders festgestellten Tonhöhen der Vocalklänge weniger in Bezug auf das Tonverhältniss als in Bezug auf die Octave. Wenn nun der Vocal seinen Character wesentlich der Stellung der Mundhöhle verdankt, um wieviel mehr ist diese dann bei Bildung der verschiedenen Consonanten wesentlicher Factor? Es wird daher für ein geübtes Ohr auch möglich sein, unter Zuhilfenahme der technischen Hilfsmittel die Tonhöhe der Luftmasse zu bestimmen, welche in der Mundhöhle bei Bildung einzelner Consonanten in Resonanz versetzt wird.**)

Ich versuchte daher zuerst allein, wenn Abends alles rings um mich still war, die einzelnen Consonanten der Reihe nach selbständig flüsternd hervorzubringen. Hier zeigte sich nun, dass eine Reihe von Consonanten vollkommen selbständig tönt, eine andere aber nur dann als Töne oder Laute hörbar wird, wenn ein Vocal mitklingt. Diejenigen Consonanten, welche vollständig rein und unabhängig von den

*) Archiv für die holländischen Beiträge für Natur- und Heilkunde von Donders und Berlin. B. I, S. 157.

**) Vergl. hierzu die Note zu pag. 53 dieses Werkes.

Vocalen lautirt werden können, will ich künftig selbsttönende nennen, es sind der R-, B-, K-, T-, F-, S-, G-, Sch-Laut, dagegen sind M, N, L und W nicht selbständig ohne Zuhilfenahme eines Vocales zu lautiren, während beim H ein so schwacher Ton hörbar ist, dass man nicht unterscheiden kann, ob er dem einen oder anderen Vocale nicht mit zugehört. Ich nenne daher die Reihe H, L, M, N und W tonborgende Consonanten *), weil sie sich erst von einem vorangehenden oder folgenden Vocale begleiten lassen müssen, um hörbar zu werden. — Es handelte sich nun zunächst darum, die Tonhöhen der selbsttönenden Laute R, B, K, T, F, S, G, und des Sch-Lautes festzustellen. Hierzu schienen mir die Apparate des acustischen Ateliers von Georg Appunn dahier, insbesondere sein Obertöneapparat und die Resonatoren, auch das Harmonium in reiner Stimmung, ganz geeignet, um so mehr, als es mir gelang, Herrn Appunn selbst für meine Studien zu interessiren. Ich selbst habe zwar ein gutes musicalisches Gehör, aber es schien mir ausserordentlich wichtig, eine Controle für meine Versuche durch einen Mann zu haben, welcher theils durch Naturanlage, theils durch jahrelange theoretische und practische Studien sein musikalisches Gehör zu wirklich seltener Ausbildung gebracht hat. Es kommt ihm dabei sehr zu Statten, dass er alle Instrumente, welche im heutigen Orchester gebräuchlich sind, fertig zu spielen versteht.

Ich füge hier zunächst eine Beschreibung des Obertöneapparates von G. Appunn bei, weil ich es für das Verständniss der folgenden Beobachtungen für wichtig halte, Zweck und Bau des Instrumentes, mit welchem ich vornehmlich experimentirte, genau zu kennen **). Soviel ich weiss, existirt bisher noch keine Abbildung desselben in der vorhandenen Litteratur.

Der Obertöneapparat (Fig. 3 und Fig. 4), ein längliches Rechteck von Holz, enthält eine Reihe von durchschlagenden Zungen,

---

*) Die Bezeichnung „Consonanten" behalte ich der Verständlichkeit halber bei, obwohl in der Bezeichnung „selbsttönende Consonanten" eigentlich ein Widerspruch liegt.

**) Die acustischen Apparate aus dem Atelier des Herrn Georg Appunn zu Hanau, insbesondere der Obertöneapparat, das Harmonium in reiner Stimmung, die auf Resonanzkästen stehenden Stimmgabeln, der Vocalapparat, der Apparat zur Erzeugung tiefster Töne in grosser Stärke, endlich der Apparat zur Prüfung der schallverstärkenden Kraft gekrümmter Membranen, welche ich zu meinen Versuchen benutzte, eignen sich theils wegen ihrer reinen Stimmung, theils wegen ihrer soliden Construction ganz vorzüglich sowohl zu wissenschaftlichen Versuchen, als zu Unterrichtszwecken.

welche auf einem Resonanzboden angeheftet sind und durch entsprechende Ventile dem Zugang des Windes geöffnet werden. Der Wind wird

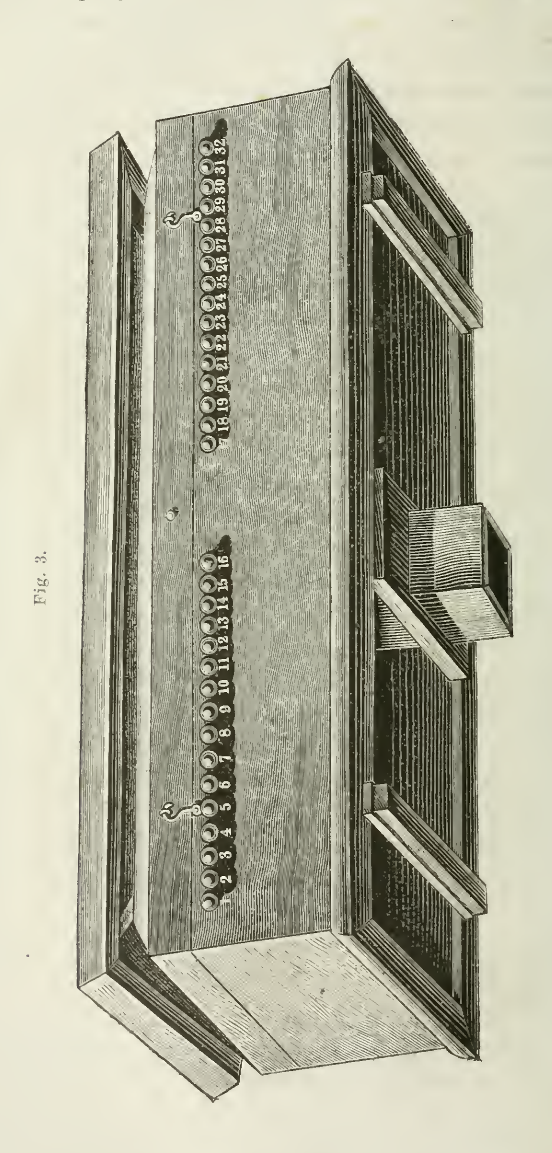


Fig. 3.

vermittelst eines Zugangsrohres in den Apparat geleitet, aber nicht direct gegen die Zungen, sondern zuerst in den über dem Zungenlager angebrachten Windregulator, welcher mit einem Ventile versehen ist,

so dass der Wind gleichmässig auf die Zungen einwirken kann. Dieser Windregulator ist sehr wichtig dafür, dass der Apparat stets eine reine und gleichmässige Stimmung hält und dass die Zungen immer mit

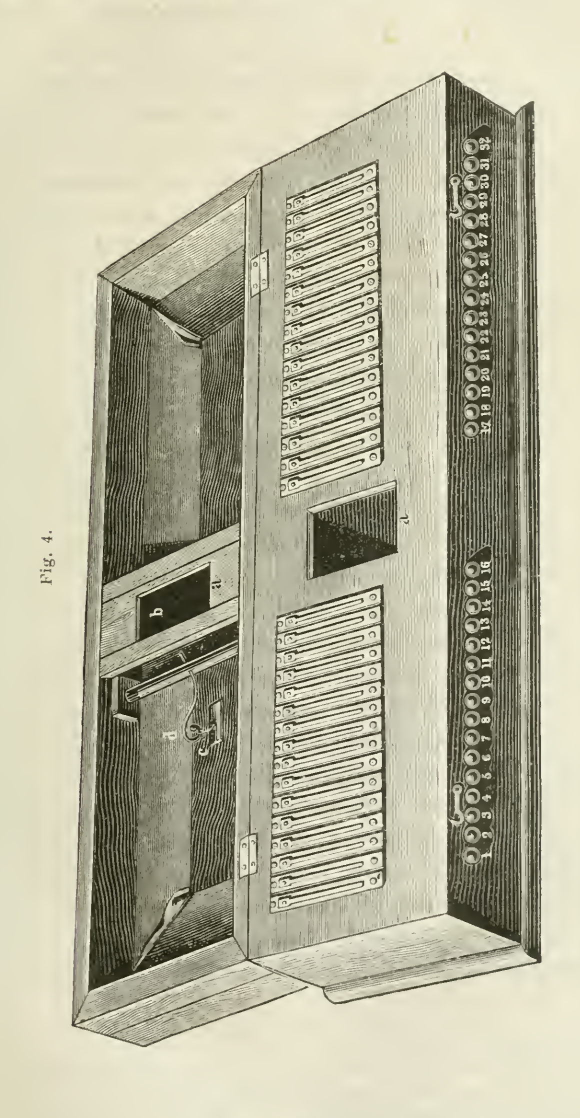


Fig. 4.

gleicher Tonstärke laut werden. Mittelst des Zugangsrohres setzt man dann beim Gebrauche den Apparat auf einen beliebigen Blasetisch auf.

Die Fig. 3 stellt das Aeussere des Obertöneapparates nebst Wind-

regulator dar. Man erkennt das Zugangsrohr für den Eintritt des Windes in den Apparat, und die Knöpfchen, an welchen man die Ventile für die Zungen aufzieht. Der Windregulator ist aufgeblasen.

Die Fig. 4 zeigt das Innere des Obertöneapparates. Man erkennt das Zungenlager und die obere Oeffnung a des Zugangsrohres. b ist das Ventil für den Windregulator. Dasselbe wird so lange durch den Druck des Windes offen erhalten, bis der Deckel des Windregulators bis zu einer bestimmten Höhe emporgeblasen ist, und die Luft einen bestimmten Spannungsgrad erreicht hat. Ist dies geschehen, so spannt der emporstrebende Deckel des Windregulators den an ihm befestigten Faden c straff an, der Hebel d drückt das Ventil b gegen die Oeffnung a des Zugangsrohres, und es kann kein Wind mehr in den Regulator eintreten. Diese Einrichtung ist für den Schutz der Zungen sehr wichtig.

Wenn der Apparat, wie in Fig. 3, geschlossen und der Windregulator gefüllt ist, und man öffnet nun ein beliebiges Ventil z. B. No. 3, 4 oder 10 etc., so findet der Wind keinen anderen Ausweg als durch die Spalten neben den durchschlagenden Zungen, er setzt die Zungen in Schwingungen und entweicht unten frei aus dem Apparate.

Ueber die Eintheilung und Berechnung der einzelnen Töne des Apparates sagt Appunn *): „Um nun eine ziemlich grosse Anzahl von Theiltönen eines als Einheit angenommenen Grundtones (Grundklanges) nach Belieben zu hören und vergleichen zu können, habe ich einen Apparat nach Art eines kleinen Harmoniums mit Zungentönen nebst dazu gehörigen Ventilen etc., einen s. g. Obertöneapparat construirt, der einschliesslich des Grundtones die ersten 64 Theiltöne des Contra C = 32 Schwingungen (Bezeichnung nach Sondhaus C^{-2}) in der Secunde enthält. Wollte man sich zur Hervorbringung dieses tiefen Tones einer nach Dimensionen und entsprechenden anderen Eigenschaften schwingenden Seite bedienen und dieselbe zuerst in ihrer ganzen Länge, dann in der Hälfte, im Drittel, Viertel etc. bis zum Vierundsechzigstel ihrer Länge nach und nach verkürzt schwingen lassen, so würden ganz dieselben Obertöne nach ihrer Ordnungszahl zum Vorschein kommen, wie ich solche an diesem Obertöneapparat fixirt habe, und welche man

*) Ueber die Helmholtz'sche Lehre von den Tonempfindungen als Grundlage für die Theorie der Musik, nebst Beschreibung einiger z. Th. ganz neuer Apparate, welche zur Erläuterung und zum Beweis dieser Theorie geeignet sind, von Georg Appunn in Hanau.

Separatabdruck aus dem Bericht der wetterauischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde Jahrg. 1868. pag. 6 und flg.

nach Belieben einzeln sowohl, als auch in verschiedener Anzahl erklingen lassen kann."

Wenn wir die Nummern des Obertöneapparates mit der bisher in der Musik gebräuchlichen Bezeichnung der Töne vergleichen, so finden wir in dem Apparate eine relativ grössere Auswahl von Tönen als sie z. B. das Pianoforte hat. Nach dem Theilungsprincip ist es natürlich, dass die Anzahl der Töne, welche innerhalb einer Octave vertreten sind, sich bedeutend vermehrt, je höher die Tonlage wird.*) Die 64 Nummern des kleineren Obertöneapparates enthalten schon folgende Tonverhältnisse.

C^{-2} **) :	C^{-1} :	G^{-1} :	C^{0} :	e^{0} :	G^{0} :	b^{0} :	C^{1} :	D^{1} :	e^{1} :
No. 1 :	2 :	3 :	4 :	5 :	6 :	7 :	8 :	9 :	10 :
F^{1}_{+} :	G^{1} :	a^{1}_{-} :	b^{1} :	h^{1} :	C^{2} :	Des^{2} :	D^{2} :	Es^{2}_{-} :	e^{2} :
„ 11 :	12 :	13 :	14 :	15 :	16 :	17 :	18 :	19 :	20 :
f^{2} :	F^{2}_{+} :	Fis^{2} :	G^{2} :	gis^{2}_{-} :	a^{2}_{-} :	A^{2} :	b^{2} :	Ais^{2} :	h^{2} :
„ 21 :	22 :	23 :	24 :	25 :	26 :	27 :	28 :	29 :	30 :
H^{2} :	C^{3} :	$C^{3}_{\mp}$:	Des^{3}_{+} :	d^{3}_{-} :	D^{3} :	$D^{3}_{\mp}$:	Es^{3}_{-} :	e^{3}_{-} :	e^{3} :
„ 31 :	32 :	33 :	34 :	35 :	36 :	37 :	38 :	39 :	40 :
$E^{3}_{\mp}$:	f^{3} :	f^{3}_{+} :	F^{3}_{+} :	fis^{3} :	Fis^{3}_{+} :	g^{3} :	G^{3} :	as^{3}_{-} :	gis^{3}_{-} :
„ 41 :	42 :	43 :	44 :	45 :	46 :	47 :	48 :	49 :	50 :
As^{3} :	a^{3}_{-} :	a^{3} :	A^{3} :	A^{3}_{+-} :	b^{3} :	B^{3}_{-} :	Ais^{3} :	Ais^{3}_{+} :	h^{3} :
„ 51 :	52 :	53 :	54 :	55 :	56 :	57 :	58 :	59 :	60 :
H^{3}_{+} :	H^{3}_{++} :	c^{4}_{-} :	C^{4}.						
„ 61 :	62 :	63 :	64.						

---

*) Es wird desshalb nicht auffallend sein, wenn bei der in den folgenden Abhandlungen vorkommenden Bezeichnung der Tonhöhen die Nummern des Obertöneapparates von mir als massgebend angenommen und die bisher in der Musik gebräuchlichen Bezeichnungen nur beigesetzt werden, um das Verständniss zu erleichtern und die Töne vergleichen zu können. Die hinter den Tönen stehenden Zeichen + oder − bedeuten, dass der bisher in der Musik gebräuchliche Ton etwas mehr oder weniger Schwingungen in der Secunde macht als der betreffende Ton des Obertöneapparates. So bedeutet z. B. die Position „$H^{3}_{\mp}$: H^{3}_{++} : C^{4}_{-} : C^{4} :" dass der Ton 61 mehr Schwingungen in der Secunde
61 : 62 : 63 : 64 :
als H^3, der Ton 62 noch mehr Schwingungen als h^3 macht. Der Ton 63 macht etwas weniger Schwingungen in der Secunde als C^4, der Ton 64 entspricht gerade dem C^4. Auf dem Obertöneapparat sind zwischen den h^3 und C^4 noch drei Töne zu unterscheiden.

**) Die Bezeichnung mit grossen und kleinen Buchstaben ist aus Hauptmann's „Harmonik und Metrik" entlehnt. Hauptmann unterscheidet die durch Quinten erzeugten Töne mit grossen, die natürlichen Terzen mit kleinen Buchstaben.

Während also der Grundton 1 in der Secunde 32 Schwingungen vollbringt, müssen die Tonverhältnisse 2 : 3 : 4 bis 64 auch die 2 : 3 : 4 bis 64fache Anzahl der Schwingungen des Grundtones ausführen.

Helmholtz hat zuerst nachgewiesen (l. c.), dass das Vorhandensein von Obertönen fast allen Klängen eigen ist, und dass diese Obertöne eine objective, d. h. in der Luft sich bildende Klangerscheinung sind und nicht etwa erst in unserem Ohre entstehen, wie man früher fälschlich angenommen hat.

Zur Analyse des Klanges in seine Theiltöne (Obertöne) bediente sich Helmholtz der Verhältnisse des Mitschwingens oder der Resonanz, und erfand hierzu die Schallbecher oder Resonatoren. Lässt man auf dem Obertöneapparat den Grundton oder vielmehr Grundklang 1 allein ertönen, so kann man ausser ihm auch noch die Töne 2, 3, 4 etc., d. h. den zweiten, dritten, vierten Theilton oder Oberton dieses Grundtones hören, wenn man die für diese Töne abgestimmten Schallbecher einen nach dem anderen an das Ohr hält. Einem geübten Beobachter gelingt es sogar, einzelne Theiltöne des Grundtones auch ohne die verstärkende Kraft der Schallbecher zu unterscheiden. Weil man die Obertöne in grösserer Entfernung von dem Apparate besser unterscheidet, der Grundton des Obertöneapparates aber eine nur mässige Klangstärke besitzt, so giebt Apunn zu den Obertöneapparaten gewöhnlich eine mit entsprechendem Schallbecher versehene grosse Zungenpfeife, deren Tonhöhe dieselbe ist, wie die des Grundtones des Apparates.

Mit Hilfe eines eigenen dazu erfundenen Instrumentes von Appunn, „Tonmesser“ genannt, wird der Apparat nach dem eben angeführten Theilungsprincip durch Zählen der Schwebungen abgestimmt und hält diese Stimmung fortwährend mit nur von dem Wechsel der Temperatur abhängigen Nuancen. Der grösste der bisher gebauten Apparate wurde zu den vorliegenden Versuchen benutzt. Derselbe enthielt die ersten 128 Obertöne eines Grundtones, welcher dem Contra C oder C^{-2} (Bezeichnung nach Sondhaus) nahe kommt und 32 Schwingungen in der Secunde macht.*) Wenn man diesem Tone, wie Fig. 3 zeigt, die Nummer 1 auf dem Apparate giebt, so bedeutet Nr. 2 einen Ton, dem gerade doppelt soviel Schwingungen, als Nr. 1 in der Secunde macht, einer Saite entsprechen würde, welche halb so lang als diejenige des Tones 1

---

*) Im Folgenden werden unter der Bezeichnung „Schwingungen“ jedesmal doppelte Schwingungen, d. h. ein Hin- und Hergang der Saite zusammengenommen, verstanden.

ist, 2. 32 = 64 Schwingungen in der Secunde macht und ohngefähr dem Tone C–[1] anderer Instrumente gleichkommt. Der folgende Ton Nr. 3 macht 3. 32 = 96, der Ton Nr. 4 macht 4. 32 = 128 Schwingungen in der Secunde etc.

Die mathematische Genauigkeit des Obertöneapparates erhellt am besten, wenn man beliebige Tonverhältnisse z. B. die Töne 12 + 15 + 18 + 36 gleichzeitig erklingen lässt; man hört dann ganz deutlich den Ton 3, welcher sich objectiv aus den genannten Tönen in der Luft bildet. Dieser Ton fällt besonders stark ins Ohr, wenn man einen auf diesen Ton abgestimmten Resonator mit zu Hilfe nimmt und an das beobachtende Ohr setzt. Auch in der kürzlich erschienenen 7ten Auflage von „Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik" sind die Apparate von G. Appunn als für acustische Untersuchungen sehr geeignet gerühmt worden. *) Die verschiedenen kleineren Hilfsapparate, welche zur Bestimmung der Tonhöhe bei einzelnen Consonanten in Anwendung kamen, werden weiter unten erwähnt werden.

Zunächst suchten nun Appunn und ich jeder allein mit Hilfe des Obertöneapparates und der Resonatoren die Tonhöhen der Reihe der selbsttönenden Consonanten festzustellen, dann verglichen wir die beiderseitigen Resultate und machten gemeinsame Controlversuche unter Zuhilfenahme derjenigen Instrumente, deren Töne mit denen der einzelnen Consonanten uns die meiste Aehnlichkeit zu haben schienen (vergl. unter Klangfarbe). Anfangs unterschieden sich unsere beiderseitig gefundenen Tonhöhen um eine Octave, bei einzelnen besonders schwierig definirbaren Consonanten auch wohl um einige Töne innerhalb der Octave, allmählig wurden wir aber in der Prüfung geübter, und so glaube und hoffe ich, dass der Leser, wenn er die weiter unten definirten Tonhöhen mit Hilfe des Obertöneapparates oder anderer Hilfsmittel nachprüft, sich von der Richtigkeit derselben überzeugen wird.

Aus der Natur dieser Laute ergiebt sich, dass die Tonhöhe nicht so constant ist, dass sie sich nicht bei verschiedenen Beobachtern etwas verschieden darstellen wird, besonders nach dem Tonstärkewechsel; aber das von uns gefundene Verhältniss der Tonhöhen der einzelnen Consonanten zu einander wird bei gleichmässiger Angabe derselben gewiss geringen Schwankungen unterliegen. Für meine Zwecke schien mir die Bestimmung, ob eines Consonanten Tonhöhe um einen oder einen halben Ton tiefer oder höher liege, weniger wichtig, als die Feststellung des Tonhöheverhältnisses, der Stellung, welche die verschiedenen

---

*) a. a. O., Band I, pag. 949.

Laute der menschlichen Sprache, in die musicalische Scala übersetzt, einnehmen würden.

Wir kamen zu dem bestimmten Resultate: 1) Der Reihe der selbsttönenden Consonanten liegt ein festes Tonverhältniss zu Grunde, welches musikalisch bestimmbar ist, 2) die Reihe der selbsttönenden Consonanten ist nicht von einer Anzahl von unbestimmten und zufälligen Geräuschen abhängig, sondern einzelne dieser Consonanten sind von Geräuschen begleitet, welche aber weniger die Tonhöhe des Grundtones des Consonanten, als seine Klangfarbe beeinflussen.

An dieser Stelle halte ich es für angemessen, einige Worte über die Definition von Geräuschen einzufügen.

Auch Geräusche sind in gewisser Beziehung definirbar; ein Geräusch ist nichts anderes, als eine Reihe von einfachen Tönen, welche zum Theil sehr nahe nebeneinander in der Scala liegen und in den meisten Fällen einem sehr raschen und unregelmässigen Wechsel kurzandauernder verschiedenartiger Laute unterworfen sind. Bei den Geräuschen, welche die Consonanten begleiten, ist es aber immer dieselbe Reihe von solchen sogenannten einfachen Tönen.

Helmholtz stellte *) bereits fest, dass Geräusche mit Hilfe von Resonatoren in ihre einzelnen Töne zu trennen sind, und dass man aus musikalischen Klängen künstlich Geräusche zusammensetzen kann, wenn man z. B. sämmtliche Tasten eines Klaviers innerhalb der Breite von einer oder zwei Octaven gleichzeitig anschlägt.

Wir nennen das Sieden des Wassers ein Geräusch. Es sind dies zahlreiche Töne, welche das Geräusch bilden; grössere und kleinere Luftblasen stellen bei ihrem Freiwerden und Durchtreten durch das Wasser die Tonquelle dar, welche zahlreiche zum Theil sehr hohe und in der Scala dicht nebeneinander liegende, daher unharmonisch klingende Töne erzeugt.

Aehnlich verhält es sich mit dem Rauschen des Regens. Man kann aus ihm mit Hilfe der Resonatoren eine grosse Anzahl von Tönen isoliren, welche je nach der Grösse der einzelnen Regentropfen und nach der des Resonanzraumes (z. B. eines Metalldaches oder einer Dachrinne), auf welchen sie auffallen, verschieden hoch in der Scala zu liegen kommen.

Wie ich später noch ausführlicher erörtern werde, unterscheiden sich die sogenannten weichen und harten Consonanten hauptsächlich durch Tonstärke und Klangfarbe, weniger durch die Tonhöhe. Desshalb glaubte ich mich berechtigt, bei der Eintheilung diese zwei Lautarten durch eine Bezeichnung auszudrücken oder in eine Gruppe zu setzen. So fasse ich z. B. B und P unter der Bezeichnung „B-Laut“, T und D unter der Bezeichnung „T-Laut“ zusammen, indem ich da-

*) Tonempfindungen, pag. 14.

mit ausdrücken will, dass der Eigenton des bezüglichen Resonanzraumes der Mundhöhle, welcher bei Aussprache dieser Laute mitschwingt, dieselbe Tonhöhe hat, ob ich B oder P ausspreche.

Es schien mir zur Erläuterung des acustischen Characters der Consonanten die folgende Eintheilung am zweckdienlichsten:

Eintheilung.

I. Einfache selbsttönende Consonanten.

1. R und Ch (als tiefer, rauher Laut nach a, o, u) : R-Laut.
2. B und P : B-Laut.
3. K und hartes G (vor a, o, u) : K-Laut.
4. T und D : T-Laut.
5. F und V : F-Laut.
6. S : S-Laut.
7. G weich und Ch (nach e, i) : G-Laut.

II. Einfache tonborgende Consonanten.

1. H.
2. L.
3. M.
4. N.

III. Zusammengesetzte selbsttönende Consonanten.

1. Sch.
2. X = Ks.
3. Z = Ts.

IV. Zusammengesetzte tonborgende Consonanten.

W.

---

2. Tonhöhe und Schwingungszahlen der selbsttönenden Consonanten, Uebergänge zu Vocalen.

Es finden sich in der früheren Litteratur schon mannigfache Andeutungen über die Tonverhältnisse der Consonanten, aber überall sind ihre Eigentöne nur als „Geräusche“ bezeichnet worden. So sagt u. A. Brücke*): „Die Namen Consonanten, Mitlauter, im Gegensatze zu den

*) Grundzüge der Physiologie und Systematik der Sprachlaute, für Linguisten und Taubstummenlehrer bearbeitet von Dr. Ernst Brücke. Wien, 1856. Verlag von Carl Gerold's Sohn.

Selbstlautern, könnten vermuthen lassen, dass nur den Vocalen ein selbstständiger Laut zukommt, die Consonanten einen solchen aber erst durch ihre Verbindung mit einem Vocale erhalten. Diese Ansicht, welche häufig genug gelehrt worden, ist längst widerlegt. Wie wir die Unterschiede der verschiedenen Vocale unter einander genetisch aufgefasst haben, so müssen wir auch den Unterschied von Vocalen und Consonanten genetisch auffassen, nur dann werden wir auch die Stellung der sogenannten Halbvocale richtig zu würdigen wissen. Hier findet es sich nun, dass bei allen Consonanten im Mundcanale entweder irgendwo ein Verschluss vorhanden ist, oder eine Enge, welche zu einem deutlich vernehmbaren, selbstständigen, vom Tone der Stimme unabhängigen Geräusche Veranlassung giebt, während bei den Vocalen keines von beiden der Fall ist."

Ich werde nun zuerst aus der Reihe der selbsttönenden Consonanten den B-, K-, T-, F-, S-Laut in dieser Reihenfolge erörtern, weil gerade diese Laute der Bestimmung der Tonhöhe weniger Schwierigkeiten bereiten als die übrigen. Man versuche nur B, K, T, F, S in dieser Reihenfolge, jeden selbstständig, laut werden zu lassen, und man wird finden, dass sie Eigentöne haben, und dass ihrer Summe ein leicht in das Ohr fallendes Tonverhältniss zu Grunde liegt. Man wird sofort hören, dass der B-Laut der tiefste, der S-Laut der höchste in dieser Reihenfolge ist — eine weitere Ueberlegung wird zeigen, dass der Grund hierfür in der verschiedenen Grösse des Resonanzraumes der Mundhöhle gesucht werden muss, denn dieser ist beim B-Laute am grössten, beim S-Laute am kleinsten.

Der B-Laut (B und P)

wird gebildet, indem wir die Lippen schliessen, das Gaumensegel etwas nach hinten bewegen, so dass die Mundhöhle gegen die Nase durch dasselbe abgesperrt ist, bei erweiterter und ruhender Stimmritze die Luft durch die Exspirationsmuskeln comprimiren und dann mit einer schnellenden Bewegung der Lippen die in der Mundhöhle eingeschlossene Luftmasse in Schwingungen versetzen. Die seltenere Bildungsweise des B-Lautes ist die, dass wir bei erweiterter Stimmritze und abgesperrtem Nasencanal die Lippen plötzlich schliessen und so dem Luftstrom den Ausweg abschneiden. Chladni *) nennt die Laute dieser Art daher sehr passend „Verschlusslaute". Der Resonanzraum, dessen Luftmasse

*) Ueber die Hervorbringung der menschlichen Sprachlaute, in Gilbert's Annalen der Physik und Chemie, Band 76, pag. 187 u. fg.

durch die schnellende Bewegung der Lippen zum Mitschwingen gebracht wird, besteht hierbei aus der ganzen vorderen und hinteren Mundabtheilung, welche durch Aufblasen der Wangen noch etwas vergrössert erscheint. Dass hierdurch ein relativ tiefer und zwar ausserordentlich einfacher Ton (s. unten Klangfarbe) resultiren muss, ist einleuchtend. Man kann denselben Ton künstlich noch stärker und deutlicher hörbar machen, wenn man den Mund in der Stellung lässt, nachdem man eben den B-Laut hervorgebracht hat, und nun eine schnellende Bewegung mit dem Finger gegen die Wangen ausführt; der Ton, welcher dadurch entsteht, wird etwas kräftiger als der durch die schnellende Bewegung der weichen Lippen gebildete. Mit Hilfe des Obertöneapparates und der Resonatoren stellten wir die Tonhöhe dieses Lautes auf No. 10, das heisst, er gleicht dem e^{I} anderer Instrumente in Bezug auf die Tonhöhe. Wenn man annimmt, dass der Grundton No. 1 auf dem Obertöneapparat 32 Schwingungen in der Secunde ausführt, so wird der Ton No. 10 jetzt $10 \cdot 32 = 320$ Schwingungen in der Secunde machen.

Tonhöhe des B-Lautes

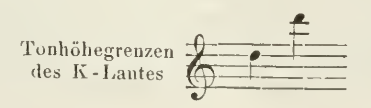
Je nachdem der Luftstrom stärker oder schwächer angetrieben, die Lippen etwas kräftiger oder etwas lasser ihre schnellende Bewegung ausführen, tönt nun der B-Laut als P oder B; ich habe hierbei nie einen Wechsel in der Tonhöhe bemerken können, wohl aber Verschiedenheiten in Klangfarbe und Tonstärke. Die Tonhöhe des B-Lautes wird aus den erörterten mechanischen Eigenschaften des höchst einfachen Instrumentes, welches ihn bildet, sehr constant sein, sowohl bei Männern als bei Frauen und Kindern, weil die kindliche Mundhöhle das, was ihr an Geräumigkeit abgeht, durch engere Oeffnung der Lippenspalte ausgleicht. Die Mundstellung, wie sie sich bei Aussprache des Vocales $O = b^{I}$ darstellt, ist ähnlich derjenigen, welche der Mund nach Bildung des B-Lautes einnimmt, daher ist die Tonhöhe des B-Lautes auch nur um wenig Töne verschieden, es liegen $3\frac{1}{2}$ Töne zwischen e^{1} und b^{1}.*) Man kann zwar den B-Laut künstlich nachahmen, wenn man auf die obere Oeffnung der Zungenpfeife des Vocalapparates, welche auf den Vocal A abgestimmt ist, ein Gummirohr aufsetzt und bei Angabe des Vocales A auf dem Apparate dieses Gummirohr abwechselnd

*) Auf dem Obertöneapparate liegen nur 3 Töne dazwischen. Der Grundton des B-Lautes entspricht dem Ton No. 10, der des Vocales O dem Ton No. 14.

zusammendrückt und öffnet, es entsteht dadurch das Wort: Papa. Aber es kommt in dieser Weise nur die eine Eigenschaft des B-Lautes, nämlich die als Verschlusslaut, zur Geltung; sein Eigenton tritt viel besser hervor, wenn man die Gummiröhre der auf O abgestimmten Zungenpfeife aufsetzt, kann man dann deutlich Po bilden. W. v. Kempelen*) hat durch Gummiverschluss die Verschlusslaute auf seiner sprechenden Maschine dargestellt; in ähnlicher Art ist der Mechanismus bei den sogenannten sprechenden Puppen.

Der K-Laut (K und hartes G vor a, o, u).

Die Analyse dieses Lautes bietet weit grössere Schwierigkeiten als die des B-Lautes. Der Resonanzraum der Mundhöhle, welcher bei seiner Bildung mitschwingt, ist veränderlicher aber zweifellos kleiner als beim B-Laute, denn der K-Laut entsteht durch Anschnellen der Zungenwurzel an den Gaumen. Dieses Anschnellen kann nun an verschiedenen Gegenden des letzteren stattfinden, desshalb unterschied Brücke ein K palatale und ein K velare. Wird die Zungenwurzel mehr an den weichen Gaumen angeschnellt, so ist der Resonanzraum etwas grösser, wird sie mehr an den harten Gaumen angeschnellt, so wird der Resonanzraum etwas kleiner. Dazu kommt noch, dass bei etwas forcirter Aussprache Unterkiefer und Wangen mehr zurückgezogen werden, auch die Mundöffnung durch stärkeres Herabgehen des Unterkiefers sich erweitert. Wollte man den Vergleich von Helmholtz zwischen Flasche und Mundhöhle hierauf anwenden, so würde durch die eben geschilderten Vorgänge der Hals der Flasche (vordere Mundabtheilung) kürzer und weiter, der Körper der Flasche (Raum zwischen Zunge und Gaumen) weniger voluminös. Während es daher sehr schwer sein würde, alle Tonerhöhungen, welche der K-Laut durch diese verschiedenen Modificationen seiner Bildung erleidet, festzustellen, so kann man wenigstens die Grenzen bestimmen, innerhalb welcher sich die verschiedenen Tonhöhen des K-Lautes bewegen. Die tiefste Tonlage des K entspricht dem 18ten Oberton = 32. 18 oder 576 Schwingungen in der Secunde; es gleicht dieser Ton dem d^{II} anderer Instrumente.



*) W. v. Kempelen, Mechanismus der menschlichen Sprache, nebst Beschreibung seiner sprechenden Maschine. Wien 1791.

Vergl. auch unten das Capitel „über die Sprechmaschine“, pag. 62 und fg.

Vergleichen wir die für den B-Laut gefundene Tonhöhe 10 oder e^{I} mit der für den K-Laut als Grenze limitirten Tonhöhe 18 oder d^{II}, so zeigt sich, dass d^{II} $^{9}/_{5}$ mal soviel Schwingungen in der Secunde macht als e^{I}, demnach die kleine Septime zu e^{I} darstellt. Ganz dasselbe zeigen die Nummern des Obertöneapparates an, denn 18 : 10 = 9 : 5.

Die höchste Tonlage, welche sich feststellen lässt, wenn man bis zur äussersten Grenze der Bildungsweise eines reinen K-Lautes den Mund weit öffnet und eine sehr forcirte Bewegung der Zungenwurzel ausführt, entspricht dem Tone 36, also der Octave des vorigen Tones 18 oder dem d^{III} anderer Instrumente. Dieser Ton würde 1152 Schwingungen in der Secunde machen. Der Unterschied zwischen dem K und dem sogenannten harten G (vor a, u, o), z. B. in den Worten Karten und Garten scheint darin zu liegen, dass beim G die Zungenwurzel mehr an den weichen Gaumen und zwar weniger energisch als beim K anschlägt, wodurch Unterschiede in der Klangfarbe und Tonstärke hörbar werden. Den interessanten Uebergang des harten G in weiches G werde ich bei diesem Laute gesondert besprechen.

Der T-Laut (T und D).

In seiner Bildungsweise hat der T-Laut grosse Aehnlichkeit mit dem B-Laute ebensowohl, desshalb wird er gleichfalls eine ziemlich constante Tonhöhe haben; der T-Laut ist Verschlusslaut, nur bildet die Zungenspitze hier den Verschluss, während beim B-Laute die Lippen diese Rolle übernommen hatten. Während die Zahnreihen ziemlich nahe aneinanderliegen und die Lippenöffnung etwas verengt ist, führt die Zungenspitze eine schnellende Bewegung, sei es gegen die Zahnreihen direct oder mehr nach dem Gaumen zu, aus. Es lässt sich der Resonanzraum, welcher hierbei in Mitschwingung kommt, nicht gut abgrenzen. Doch scheint er kleiner als bei der tiefsten Bildungsweise des K-Lautes, besonders dadurch, dass sich Lippen und Wangen im Momente des Anschnellens der Zunge etwas mehr zurückziehen, als dies bei jener Bildungsweise des K-Lautes geschieht. Die Tonhöhe des T-Lautes scheint die gleiche, ob die Zunge sich etwas mehr nach dem Gaumen zu bewegt, oder aber direct gegen beide Zahnreihen anschlägt; wir fanden sie am deutlichsten auf dem Harmonium in reiner Stimmung. Auf dem Obertöneapparate würde sie einem Tone zwischen No. 22 und No. 23, etwa $22^{1}/_{2}$, entsprechen, der T-Laut würde daher $22^{1}/_{2}$. 32 = 720 Schwingungen in der Secunde machen.

T und D sind in der Tonhöhe gar nicht zu unterscheiden. Die Tonhöhe entspricht dem fis^{II} anderer Instrumente; es macht daher fis^{II}

$^5/_4$ mal soviel Schwingungen in der Secunde als d^{II}, fis^{II} ist die reine Terz zu d^{II}. Bei sehr energischer Angabe des Tones kann sich die Tonhöhe des T-Lautes bis zum fis^{III} oder No. 45 steigern.



Man kann die Laute B, K, T musikalisch in eine Gruppe bringen, wenn man berücksichtigt, dass sie alle drei einem Instrumente ihre Entstehung verdanken, welches durch **Anschlag** zum Tönen gebracht wird; beim B-Laute wird dieser Anschlag durch die Lippen, beim K-Laute durch die Zungenwurzel, und beim T-Laute durch die Zungenspitze bewirkt.

Der F-Laut (F und V).

Wir gehen mit diesem Laute zu einer Reihe von Tönen über, welche zwar demselben Instrumenten-Apparate ihre Entstehung verdanken wie die eben erörterten B-, K-, T-Laute, nämlich der Lunge, dem Mundhöhlenraume, den Zähnen, der Zunge und den Lippen; bei deren Bildung aber dieser Instrumenten-Apparat in durchaus anderer Art angeordnet ist. Schon W. v. Kempelen *) fühlte dies, indem er die B-, K-, T-Laute in eine Gruppe setzte und die F-, H-, Ch-, S-, Sch-Laute gleichfalls zusammenfasste; freilich nannte er die ersteren „stumme Laute", weil man früher Unterschiede zwischen „tönenden" und „tonlosen" Lauten daraus folgerte, dass bei den einen die Stimmritze mittönte, bei den anderen nicht. Wenn ich nun bezüglich der Bezeichnung „stumme Laute" mit Kempelen, wie ich schon oben andeutete, natürlich nicht einverstanden bin, so scheint mir doch die von ihm für die zweite Gruppe gewählte Bezeichnung „Windmitlauter" musikalisch sehr treffend gewählt; denn der Ton entsteht bei ihnen dadurch, dass der anströmende Wind an der Anblaseöffnung in Schwingungen versetzt wird, nämlich an der Lippenöffnung oder Zahnreihenspalte, während eine grössere oder kleinere Mundabtheilung als Resonanzraum mitwirkt.

Welch wunderbar weise Anordnung der Natur liegt nicht in der wechselnden Thätigkeit der verschiedenen Theile unseres Sprachinstrumentes! Wir bilden Laute im Augenblicke des Einathmens, des Aus-

*) a. a. O., pag. 223.

athmens und der Ruhe der Lungenthätigkeit. Valentin schildert diese Einrichtung sehr treffend, wenn er sagt *):

„So sehr aber auch die gegenseitige Combination der Vocale und Consonanten, und die Aneinanderreihung der letzteren in den verschiedenen Sprachen wechselt, so werden dabei doch die physiologischen Normen der Sprachwerkzeuge in keinem Falle hintangesetzt. Immer lehnt der Mensch Vocale an Consonanten, damit eine Reihe von Lauten im Laufe einer Exspiration hervorgebracht werden könne. Ebenso folgen meistens nur solche Consonanten aufeinander, bei denen ein vorderer und ein hinterer Theil der Sprachorgane unmittelbar nach einander thätig sind, oder wenigstens keine allzu ungünstigen Sprünge der Mundhöhle erfordern."

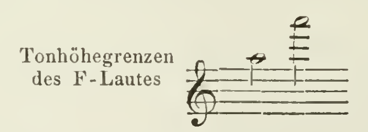
Kehren wir zur Erläuterung der Entstehung des F-Lautes zurück, so ist der Mechanismus der Tonbildung hierbei ein ganz ähnlicher, wie bei den Flötenpfeifen. Die Anblaseöffnung wird gebildet entweder dadurch, dass sich Unter- oder Oberlippe gegen die obere oder untere Zahnreihe etwas anlegt, oder dass beide Lippen die Oeffnung zwischen sich selbst bilden, an denen der von der Lunge kommende oder in die Lunge gehende Luftstrom sich bricht und in Schwingungen versetzt wird. Während also, wie wir sahen, die B-, K-, T-Laute auch im Momente der sogenannten Ruhe der Lungenthätigkeit gebildet werden können, so muss bei der Bildung des F-Lautes, wie auch der übrigen Windmitlauter Kempelen's die Inspiration oder Exspiration des Windes oder der Luft den Ton bilden helfen. Der Resonanzraum der Mundhöhle ist hierbei in ähnlicher Art formirt wie bei dem Vocale I, doch etwas weiter, die Lippenöffnung aber viel enger, so dass ein beträchtlich tieferer Ton resultirt. Es bestimmt aber bei der Bildung des F-Lautes, wie bei den Flötenpfeifen, die Form des Resonanzraumes nicht immer die Höhe des Tones; denn der Ton, welcher an der Anblaseöffnung entsteht, kann durch starkes Luftantreiben so verstärkt werden, wodurch er entsprechend in die Höhe geht, dass er den Resonanzton des Ansatzrohres verdeckt (cf. Klangfarbe). Wenn wir diese Entstehungsursachen in Erwägung ziehen, so wird es uns nicht wundern, dass die Tonhöhe des F-Lautes beträchtlichen Schwankungen unterliegt. Ist der Luftstrom so schwach, dass der Ton des Ansatzrohres, nämlich der Mundhöhle, bei seiner Bildung den an der Lippenöffnung gebildeten Ton deutlich verstärkt und selbst zur Geltung kommt, so

*) Valentin, Lehrbuch der Physiologie des Menschen für Aerzte und Studierende. II, pag. 303. Braunschweig 1844, bei Vieweg.

finden wir seine Tonhöhe gleich No. 27, oder er entspricht dem a^{II} anderer Instrumente; nach unsrer Berechnung kämen ihm 27. 32 = 864 Schwingungen in der Secunde zu. Sucht man den Ton a^{II} mit dem Munde zu pfeifen, dämpft ihn dann allmählig mit Beibehaltung der Tonhöhe a^{II} und schwächt ihn stark ab, so kommt der F-Laut ganz deutlich zum Vorschein.

Bei dieser Bildungsweise mit sanftem Anblasen hat der F-Laut grosse Aehnlichkeit mit einem gedämpften Pfeifen, und der Eigenton der Mundhöhle hebt sich deutlich ab, während die Obertöne mehr und mehr zurücktreten. Giebt man aber den Ton sehr stark an, so verdeckt das sausende Geräusch mit vielen hohen und unharmonischen Obertönen, welches an der Anblaseöffnung entsteht, den Eigenton des Resonanzraumes, hierbei geht das Tonverhältniss, gerade wie bei den Flötenpfeifen, constant um eine Octave in die Höhe, und wir finden nun den Ton No. 54, welchem 54. 32 = 1728 Schwingungen in der Secunde zukommen und welcher dem a^{III} anderer Instrumente entspricht.

Nehmen wir die Tonhöhe a^{II} für den F-Laut als Norm, so würde der für den T-Laut gefundene Ton fis^{II} zu ihm im Verhältniss der kleinen Terz $22\frac{1}{2} : 27 = 5 : 6$ stehen, während der für den K-Laut gefundene Ton d^{II} im Verhältniss der Quinte $18 : 27 = 2 : 3$ sich ausdrücken lassen würde.

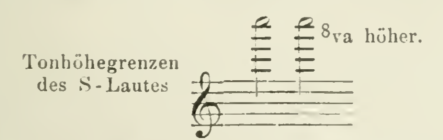


Bezüglich der Eigenschaften des F und des V stimmen alle Forscher darin überein, dass in der deutschen Sprache kein Unterschied dieser beiden Laute musicalisch nachweisbar ist.

Der S-Laut.

Bei der Bildung des S-Lautes ist die Anblaseöffnung noch mehr verengt als bei der des F-Lautes; die Luft wird nämlich durch die engen Spalten getrieben, welche entstehen, wenn sich die Zunge ziemlich nahe an die Zahnreihen anlegt. Beide Zahnreihen lassen dabei nur einen feinen Spalt zwischen sich offen, und die Zwischenräume zwischen den einzelnen Zähnen dienen gleichfalls der Luft zum Durchtritt; die Lippen sind etwas zurückgezogen, die vordere Mundabtheilung dadurch beträchtlich verkürzt; die Zunge liegt so, dass der Raum zwischen ihr und dem Gaumen möglichst niedrig, der Resonanzraum

der Mundhöhle daher in allen seinen Dimensionen beträchtlich verengt erscheint. Es ist einleuchtend, dass der mit einem derartig gestalteten Instrument erzeugte Ton eine sehr hohe Tonlage haben wird. Bei schwächstem Anblasen finden wir diese dem Tone No. 63 des Obertöneapparates oder etwa dem C^{IV} anderer Instrumente entsprechend. Bei stärkerem Anblasen geht die Tonlage aus den bei der Bildungsweise des F-Lautes erörterten Gründen beträchtlich mehr in die Höhe, so dass sie bis zum Tone No. 126, etwa einem C^{V} entsprechend, gesteigert werden kann. In der ersteren Lage hat der S-Laut wegen der sehr zahlreichen, nahe nebeneinanderliegenden, sehr hohen und unharmonischen Obertöne grosse Aehnlichkeit mit dem nurein gestrichenen c^{IV} der Geige (cf. Klangfarbe). In ähnlicher Art, wie dies der Mund bei Bildung des S-Lautes thut, kann man künstlich mit Hilfe einer sehr kleinen, etwa $1\,^{1}/_{4}''$ (33 Millimeter) langen und entsprechend weiten Glasröhre einen Ton bilden, welcher dem S-Laute nahe kommt. Die Aenderungen der Tonhöhe lassen sich mit Hilfe dieser Glasröhre gleichfalls darstellen; wenn man die untere etwas engere Oeffnung derselben abwechselnd öffnet und schliesst, so wird der dadurch erzeugte Ton um eine Octave höher oder tiefer. Nehmen wir die Tonhöhe des S-Lautes gleich c^{IV} oder Ton 63, so werden ihm 63. 32 = 2016 Schwingungen in der Secunde zukommen, nehmen wir ihn gleich c^{V} oder Ton 126, so wird die Anzahl dieser Schwingungen das Doppelte, also 4032 in der Secunde betragen. Der Ton No. 63 bildet mit dem für den K-Laut gefundenen Ton No. 18 eine um eine Octave erhöhte Septime.



Ich verkenne keineswegs die Schwierigkeiten einer Feststellung der Tonhöhe von Klängen, welche eine so verschiedenartige Klangfarbe haben, wie die selbsttönenden Consonanten, besonders die K-, T-, F-, S-Laute, und stimme gern Helmholtz bei, wenn er sagt*):

„Die Vergleichung der Tonhöhen von Klängen verschiedener Klangfarbe wird oft recht schwer, man irrt sich nämlich leicht um eine Octave und es sind den berühmten Musikern und Acustikern dergleichen Irrthümer zugestossen; so ist bekannt, dass der als Violonist und theoretische Musiker rühmlichst bekannte Tartini die Combinationstöne alle

*) l. c., pag. 112.

um eine Octave zu hoch angegeben hat; während andererseits Henrici die Obertöne von Stimmgabeln um eine Octave zu tief angiebt."

Viel weniger leicht irrt man sich in der Vergleichung zweier oder mehrerer Töne innerhalb der Octave. Es wird daher jedem musicalisch Gebildeten das harmonische Tonverhältniss der Reihe K + T + F + S = 18 : $22\frac{1}{2}$: 27 : 63 = d^{II} : fis^{II} : a^{II} : c^{IV}, wenn er es mit dem Munde oder irgend einem künstlichen Instrumente nachzubilden sucht, deutlich ausgeprägt erscheinen. Es stellt dieses Tonverhältniss bekanntlich einen bezüglich des c^{V} um eine Octave erhöhten Dominant-Septimenaccord in Gdur dar. Dieses Tonverhältniss wird am schönsten sich entwickeln, wenn man sich bemüht, die Consonanten der Reihe nach möglichst schwach und gleichmässig laut werden zu lassen.



Der Sch-Laut.

In der von mir gewählten Eintheilung habe ich den Sch-Laut einen zusammengesetzten selbsttönenden Consonanten genannt, indem ich mit Brücke*) zusammengesetzte Laute solche nenne, bei deren Bildung die Mundtheile gleichzeitig für zwei verschiedene Consonanten eingerichtet sind. Auch bezüglich der Definition der Anordnung, welche die Mundtheile bei Bildung des Sch-Lautes einnehmen, schliesse ich mich der Ansicht Brücke's um so freudiger an, als die von ihm geschilderte Mundstellung ganz vollständig geeignet erscheint, einer theoretischen Erklärung des von mir angenommenen Klangverhältnisses als Grundlage zu dienen. Wenn man die bezügliche Abbildung, welche ich hier unter Fig. 6 dem Leser vorführe, betrachtet, so sieht man leicht ein, dass der von der Lunge kommende Luftstrom sich zuerst an der Enge bricht, welche die Zungenwurzel mit dem gegenüberliegenden Gaumentheile bildet, sodann aber zum zweiten Mal beim Durch-

*) a. a. O., pag. 63 u. fg.

tritt durch die Spalte zwischen Zungenspitze und beiden Zahnreihen in Schwingungen versetzt wird. Der Resonanzraum der Mundhöhle hat ohngefähr dieselbe Grösse hierbei wie bei Bildung des Vocales I (vergl. Fig. 5); nur möchte ich zusetzen, dass beim Sch beide Lippen, Ober- wie Unterlippe, sich noch etwas mehr nach vorn von den Zahnreihen abbewegen, als hier in der Fig. 6 dargestellt ist, daher die vordere Mundabtheilung etwas mehr vergrössern. Man findet nach Brücke*) an sich selbst leicht diese doppelte Enge der Mundtheile, denn wenn man eine kleine Bleikugel auf die Zunge legt und, den Sch-Laut continuirlich hervorbringend, den Kopf stark rückwärts neigt, so rollt die Kugel gegen die Enge für das Ch zwischen Gaumen und Zungenwurzel; neigt man jetzt den Kopf stark nach vorn, so rollt die Kugel gegen die Enge für das S, welche jedoch gegenüber der Stellung, wie sie der Aussprache des selbstständigen S zugehört, etwas verändert erscheint. — Es ist einleuchtend, dass durch Brechung des Luftstromes an zwei Stellen zwei Töne entstehen, welche gleichzeitig den Resonanzraum zum Mitschwingen veranlassen. Diese beiden Töne entsprechen dem Tone No. 72 und dem Tone No. 90 des Obertöneapparates oder dem d^{IV} und fis^{IV} anderer Instrumente. In dem Tone No. 72 oder dem d^{IV} erkennen wir sofort die für den Vocal I festgestellte Tonhöhe, weil, wie Fig. 5 zeigt, der Resonanzraum für das Ch ziemlich die gleiche Grösse hat wie der für den Vocal I; bei stärkerem Anblasen des Sch-Lautes tritt der Ton d^{IV}, welcher dem Vocale I zugleich entspricht, so hervor, dass man in dem Sch-Laut ganz deutlich ein I mitklingen hört.

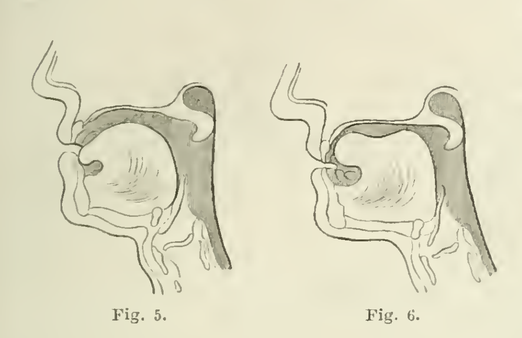


Fig. 5. Fig. 6.

Aber wir hören nicht allein diese beiden Töne beim Sch-Laute, sondern wir hören 3 Töne; der dritte Ton wird um so schöner und klarer mitgehört, je sanfter wir den Sch-Laut anblasen; er kann dann so stark mittönen, dass wir einen vollständigen, reinen, umgekehrten

*) Brücke, Untersuchungen über die Lautbildung und das natürliche System der Sprachlaute. (Aus dem Märzhefte des Jahrg. 1849 der Sitzungsberichte der kaiserl. Academie der Wissenschaften, pag. 23.)

Dreiklang hören. Dieser dritte Ton stellt sich als der Ton No. 54 des Obertöneapparates dar; er ist etwa gleich dem a^{III} anderer Instrumente. Wir hören demnach beim Sch-Laute den umgekehrten Dreiklang in Ddur:



Der G-Laut.

G weich und Ch weich nach e, i.

Diese beiden Laute: G weich und Ch weich vor oder nach e, i, schliessen sich am besten an dieser Stelle an und folgen auf den Sch-Laut, weil sie musikalisch nahe verwandt mit ihm sind und gleich ihm den Uebergang zu dem Vocale I bilden.

Die Entstehungsweise des G-Lautes wurde bereits beim Sch erörtert, denn das G in dieser Form unterscheidet sich von dem beim Sch in Frage gekommenen Ch, welches an der Enge zwischen Gaumen und Zungenwurzel entsteht, nicht wesentlich in musikalischer Beziehung. Dagegen zeigt der hier zu besprechende G-Laut, das sogenannte weiche G gegenüber dem unter der Rubrik K-Laut abgehandelten sogenannten harten G, sehr beträchtliche Tonunterschiede, welche aus der sehr verschiedenen Bildungsweise dieser beiden Laute erhellen werden. Das beim K-Laut abgehandelte harte G wird durch sanftes Anschlagen der Zungenwurzel gegen den Gaumen gebildet, das weiche G würde nach Kempelen als „Windmitlauter" zu bezeichnen sein, denn es entsteht durch Brechung des durchströmenden Windes an der Enge zwischen Zungenwurzel und Gaumen. Der Resonanzraum, welcher bei dieser Stellung der Mundtheile in Mitschwingung geräth, ist hier ein ähnlicher wie bei Bildung des Vocales I (vergl. die Fig. 5). Ich will nicht entscheiden, ob das I, welches man bei Aussprache des G-Lautes mittönen hört, blos als Ausdruck der Schwingungen des nahezu gleichen Resonanzraumes zu betrachten ist, oder ob auch die Stimmritze dabei in ähnlichen Schwingungen ist, wie beim Flüstern des Vocales I; jedenfalls ist die Tonhöhe dieser beiden Laute dieselbe $= d^{IV}$, ihre Klangfarbe, Tonstärke und Tondauer aber eine sehr verschiedene (cf. Klangfarbe).

Interessant ist es zu untersuchen, ob die deutsche Sprache diesem Verwandtschaftsgrade der Laute K, G, Ch, J und I mit dem Sch-Laute Rechnung trägt. Wir finden in den verschiedenen Dialecten die mannichfachsten Uebergänge dieser Laute untereinander. Betrachten wir z. B. den Namen „Georg"; derselbe stammt aus dem Griechischen; das G wurde darin, wie auch jetzt noch in manchen deutschen Gegenden, als hartes G mit der Tonhöhe d^{III} gesprochen. Im Altdeutschen wird das Wort in „Jörg" umgewandelt. Das G ist in Jot übergegangen, welches dieselbe Tonhöhe wie der Resonanzraum des Vocales I hat, nämlich der höheren Octave des vorigen, dem Tone d^{IV} gleichkommt. Wenn nun ein Provinzialdialect aus Georg „Schorsch" macht, so folgt er den Gesetzen der Harmonie, denn der melodische Dreiklang des Sch: $d^{IV} + fis^{IV} + a^{III}$ klingt besser als das einfache d^{IV}.

Wenn wir nun wissen, dass den Lauten „weiches G, Ch, J, I und Sch" derselbe Grundton d^{IV} eigen ist, während sie doch so mannigfache Unterschiede in ihrem musikalischen Gesammtcharacter darbieten, so können wir uns nur freuen über die grossartigen Leistungen unsres Sprachwerkzeuges, welches in ein und derselben Tonhöhe so wunderbar mannigfache Nuancirungen der Klänge zu bilden vermag.

Uebrigens führt uns die deutsche Ausdrucksweise auch noch in anderer Art denselben Weg. Man lautirt nämlich im reinen Hochdeutschen den G-Laut vor dem Vocal I nicht wie Jot, weil dieses keinen musikalisch angenehmen Zusammenklang geben würde, sondern man spricht ihn als sogenanntes hartes G mit der Tonhöhe d^{III} aus. Es sind überhaupt nur wenig Worte im Deutschen, in welchen G vor i vorkommt: Gicht, Giebel, Gierig, Giessen, Gift, Gilbe, Gilde, Gimpel, Ginster, Gipfel, Girren, Gischt, Gitter. Der G-Laut weich nach i scheint eine günstigere Stellung zu haben und klingt hier viel weniger unangenehm, als weich gesprochen vor i; weil er sich mehr durch Klangfarbe und Tondauer vom i hervorheben lässt, wenn er diesem Vocale angehängt wird.

Der R-Laut.

R und Ch als tiefer, rauher Laut nach a, o, u.

Ueber diesen Laut finden sich in der Litteratur mannigfache und gut gewählte Anhaltspuncte, weshalb ich zu seiner Analyse etwas ausholen muss. Hören wir zuerst Valentin, er sagt: *)

*) l. c. p. 244.

„Das schnarrende Ch wird unmittelbar zum tiefen, rasselnden R. Bei diesem hebt sich die Zungenwurzel in die Höhe, während der weiche Gaumen mit dem Zäpfchen nach oben und hinten tritt. Die mit Kraft hervorgetriebene Luft versetzt die Stimmbänder in Vibrationen, die zugleich nur bei sehr starker Tönung auch an dem weichen Gaumen und noch seltener an der Zungenwurzel auf sichtliche Weise hervortreten. Diese Art von R haben wir in dem arabischen „Rain" und zum Theil in dem R der Berliner Aussprache des Deutschen oder der Genfer des Französischen. Wird dagegen der Laut mehr mit den Vordertheilen des Mundes, wie in dem gewöhnlichen hochdeutschen R, gebildet, so zieht sich die Zunge etwas zurück, verbreitert sich nach vorn und legt sich mit der Spitze an die Hinterseite der Vorderzähne des Unterkiefers an. Die Zahnreihen und Lippen bleiben dabei etwas geöffnet. Indem nun der Luftstrom durchgestossen wird, schlagen die Seitenränder der Zunge an den harten Gaumen an, während die Zungenspitze in eine zitternde Bewegung geräth. Da übrigens die Vibrationen die Hauptsache des schnarrenden R-Tones ausmachen, so lässt sich selbst dieser Consonant freilich unvollkommen bilden, wenn man die eingezogenen Lippen bei niederliegender Zunge in Schwingungen versetzt. Hierher gehört wahrscheinlich der eigenthümliche, dem Schnauben der Pferde ähnliche Laut der Wilden auf Neu-Guinea, den Chladni durch „Brr" auszudrücken sucht."

Brücke analysirte den R-Laut in ähnlicher Art;*) doch kann man 3 Arten dieses Zitterlautes nach ihm unterscheiden, je nach den Theilen, welche dabei in Vibrationen versetzt werden. Wird der Kehlkopf bei erschlafften Stimmbändern in zitternde Bewegungen versetzt, so entsteht das sogenannte Kehlkopf-R der Niedersachsen; erzittern die Uvula oder das Zäpfchen, so entsteht das R uvulare; bewirkt endlich der Luftstrom, dass die Zungenspitze von ihrer Gleichgewichtslage aus durch ihn in auf- und abgehende Vibrationen geräth, so entsteht das R linguale. Auch Helmholtz giebt eine Andeutung über den musikalischen Character des R-Lautes, wenn er sagt **), dass das R knarrend und rauh sei und zwar ein ganz characteristisches Beispiel für knarrende Töne bilde, weil es intermittirend sei.

Dass das Zäpfchen-R grosse Verwandtschaft mit dem rauhen knarrenden Ch (nach a, o, u) habe, deutet bereits Valentin an. Die musikalischen Unterschiede dieser beiden Laute characterisiren sich im

*) l. c., pag. 42.

**) l. c., pag. 252.

Wesentlichen durch Klangfarbe und Tondauer, weniger durch die Tonhöhe. Es scheint der Wind beim Ch etwas stärker und kürzer eingetrieben zu werden und das Absetzen des Tones ein schrofferes zu sein, als beim R uvulare. Es entziehen sich übrigens beide Laute, das rauhe Ch und das R uvulare, einer exacteren musikalischen Definition, weil sie bei den verschiedenen Menschen schon, noch mehr aber bei verschiedenen Völkerstämmen, sehr verschiedenartig gebildet werden. — Um so besser ist das Zungenspitzen-R, das R linguale, zu erläutern, wenn man es in der reinen Darstellung dieses Lautes durch Uebung zu einer gewissen Fertigkeit gebracht hat. Dies gelingt am besten, wenn man zuerst Zunge und Lippen so stellt, als wollte man „Brr“ hervorbringen, und dann während der ganzen Exspirationszeit den Luftstrom dazu benutzt, um die Zungenspitze ihre regelrechten Schwingungen, in ähnlicher Art wie die Zungen einer Phisharmonika, machen zu lassen. Wir können dann deutlich mehrere sehr tiefe Töne unterscheiden. Derjenige Ton, welcher am stärksten hervortritt, weil er direct die Schwingungen der Zungenspitze anzeigt, ist ohngefähr das C^{-3} oder Subcontra-C, welches $16\frac{1}{2}$ Schwingungen in der Secunde macht. Ob das menschliche Ohr im Stande ist, einen Ton dieser Art noch als continuirlich aufzufassen, werde ich in dem Capitel der dritten Abtheilung „über tiefste und höchste Töne“ ausführlich erörtern. Man kann diese 16 einzelnen Schwingungen mit dem Tonmesser noch deutlich in der Secunde nachrechnen; der Ton lässt sich am besten auf dem Apparate darstellen, welcher von Appunn zu dem Zwecke construirt ist, um die tiefsten Töne oder vielmehr Tonstösse bis zu 4 Schwingungen in der Secunde herab hören zu lassen; auch dieser Apparat wird in dem letzten Abschnitte der dritten Abtheilung ausführlich erläutert werden. Vergl. weiter unten. Doch kehren wir zu Analyse des R-Lautes zurück.

Der, wie schon erwähnt, am meisten hervortretende Ton entspricht ohngefähr dem C^{-3} oder dem Grundtone No. 1 des grossen Obertöneapparates mit 16 Schwingungen in der Secunde.*) Aber es treten sofort deutlich eine Reihe von sehr tiefen Obertönen mit ihm zugleich auf, sowohl auf dem eben angeführten Apparate, als auf dem Obertöneapparate, als endlich auf dem Apparate unsrer Mundhöhle,

---

*) Der Ton No. 1 macht 16 Schwingungen in der Secunde, das Subcontra-C dagegen $16\frac{1}{2}$ Schwingungen in derselben Zeit. Die Berechnung aller übrigen Tonverhältnisse ist übrigens viel einfacher, wenn man den Grundton No. 1 — 16 Schwingungen nimmt.

weil solche tiefe Töne rein als einfache Töne nicht darstellbar sind. Die Obertöne sind nun beim R-Laute zum Theil Partialtöne des tiefen Grundklanges C^{-3} und wesentliche Glieder desselben, theils entstehen sie aber auch durch den Stoss des Windstromes, welcher an den Seitenrändern der Zunge vorbeiströmt, ohne zur Bildung der Schwingungen der Zungenspitze verwendet zu werden, und nun an der Lippen- oder Zahnreihen-Oeffnung erst zur Brechung gelangt, um eine starke Resonanz des Mundhöhlenraumes zu erzeugen. Ich höre daher deutlich 4 Töne beim R-Laut, es sind: das C^{-3} mit 16 Schwingungen; ferner noch sehr stark der erste Theilton dieses Grundtones, nämlich das $C^{-2} = 2.16 = 32$ Schwingungen in der Secunde; viel schwächer der 4te Theilton dieses, nämlich das $C^{-1} = 4 \cdot 16 = 64$ Schwingungen; wieder sehr stark, fast so deutlich als den ersten, höre ich endlich den 8ten Theilton des C^{-3}, nämlich das $C^{0} = 128$ Schwingungen in der Secunde. Der letztere Ton ist wohl als Eigenton des bei Bildung des R-Lautes in Betracht kommenden Resonanzraumes der Mundhöhle zu betrachten.*)

Dass der R-Laut aus mehreren Tönen bestehe, erkannte schon das feine musikalische Gehör der Altgriechen, daher versahen sie das zu Anfang des Wortes stehende ρ mit einem Spiritus asper. Sie gingen dabei von der Ansicht aus, dass ein Hauchlaut mittöne. Die gleiche Ansicht zeigt sich auch in anderen Sprachen vertreten, so lautet z. B. das deutsche Wort „Rücken“ im angelsächsischen „hryg“, im isländischen „hrigur“, im altnordischen Idiom „hryggr“.

Die zusammengesetzten selbsttönenden Consonanten X und Z

finden am besten am Schlusse des Capitels ihre Stelle, weil ihre Definition die Kenntniss der einzelnen Laute, welche sie zusammensetzen, vorbedingt. Sie sind eigentlich weniger berechtigt „zusammengesetzt“ genannt zu werden, als der Sch-Laut, weil sie deutlich 2 Laute nacheinander hören lassen, deren rasche Aufeinanderfolge dadurch ermöglicht wird, dass der eine durch Anschlag, der andere durch Luftreibung erzeugt wird. Sind sie daher der Ausdruck zweier sehr rasch aufeinander folgender Töne, so ist der Sch-Laut der Ausdruck des gleichzeitig erklingenden Tonverhältnisses eines umgekehrten Dreiklanges.

---

*) Ich habe gelegentlich der Erläuterung des Obertöneapparates S. 20 erwähnt, dass der grösste dieser Apparate damals als Grundton No. 1 einen Ton von 32 Schwingungen in der Secunde hatte, später bei den Controleversuchen wurde aber ein Apparat fertig, welcher als Grundton No. 1 einen Ton von 16 Schwingungen in der Secunde enthielt.

Wie bekannt entsteht das X durch die rasche Aufeinanderfolge von K und S, das Z durch die des T und S. Dabei ist die Tondauer des S eine bedeutend längere als die des K oder T, so dass der vorherrschende Ton bei beiden das S bildet. Die Tonhöhe der einzelnen Laute wird durch diese Zusammenstellung nicht wesentlich modifieirt.

---

3. Die tonborgenden Consonanten.

Noch nachträglich, nachdem ich die früher geschilderte Eintheilung in selbsttönende und tonborgende Consonanten aufgestellt hatte, fand ich beim Durchforschen der bezüglichen Litteratur der Sprachlaute einige wichtige Anhaltspuncte für die Ansicht, dass den tonborgenden Consenanten kein selbständig hörbarer Eigenton zukomme und dass sie sich an einen Vocal anlehnen müssen, um deutlich hörbar zu werden. Beginnen wir mit dem H-Laute.

Der H-Laut.

Johannes Müller sagt in seinem berühmten Handbuch über das H folgendes: *)

„Es findet hier keinerlei Opposition der Mundtheile gegen einander als Ursache des Geräusches beim Durchgehen der Luft statt. Das Geräusch der Aspiration ist der einfachste Ausdruck der Resonanz der Mundwände beim Ausathmen der Luft.“ E. Brücke**) stimmt dieser Ansicht bei, wenn er sagt: „Es ist bekannt, dass die Griechen das H nicht mit zu den Consonanten zählten und auch in dem oben aufgestellten natürlichen Systeme hat es keinen Platz gefunden. Es erklärt sich dieses daraus, dass das H anzeigt, dass bei erweiterter Stimmritze und ausströmender Luft kein Consonant gebildet werde, d. h., dass kein Verschluss und kein Hinderniss im Mundcanal vorhanden sei, das zur Erzeugung eines Consonanten Veranlassung geben könnte.“ — Aber schon damals erhoben sich gegentheilige Ansichten, welche namentlich betonten, dass doch ein Unterschied in acustischer und auch in physiologischer Beziehung zwischen einem einfachen Hauchlaut oder der

---

*) Müller's Handbuch der Physiologie des Menschen. Coblenz 1840. B. II, pag. 232.

**) Untersuchungen über die Lautbildung und das natürliche System der Sprachlaute. 1849. pag. 23.

einfachen Aspiration und dem mit Intention hervorgebrachten H-Laut angenommen werden müsse. Ségond wies nach,*) dass bei dem mit Absicht hervorgebrachten H die Stimmritze mehr verengt als bei der einfachen Aspiration, aber nicht so eng sei, dass die Stimmbänder durch die durchströmende Luft in Schwingungen versetzt werden könnten; wohl aber entstehe dadurch ein Reibungsgeräusch.

Sehr eingehende Forschungen über diesen Laut hat Czermak gemacht. **) Er sagt: „Das bei unverengter Stimmritze hauptsächlich durch den (deutlich fühlbaren) Anfall der Luft gegen die Wände der Mund- und Nasenhöhle entstehende Exspirationsgeräusch ist als der einfache Ausdruck der Resonanz des Luftcanals, als das erste und einfachste qualitativ characterisirte Lautelement zu betrachten, und ich will es daher mit einem besonderen Namen belegen und als den „einfachen Hauch" bezeichnen. Dieses Geräusch ist, wie auch Max Müller ganz richtig hervorhebt, noch nicht unser Sprachlaut H oder Spiritus asper."

Nach Czermak's weiteren Untersuchungen ist eine besondere Intention erforderlich, um den einfachen Hauch in ein H zu verwandeln. Mit Hilfe des Kehlkopfspiegels zeigte er, dass die Stimmritze ihre beim ruhigen Athmen mehr weite, zugespitzt eiförmige Gestalt verlasse und sich zur Hervorbringung des H in eine engere, spaltförmige Oeffnung verwandele. Bei Auscultation des Kehlkopfes höre man während der Aussprache des H ein mehr oder weniger rauhes Geräusch. Soweit Czermak. — Ueber die Frage, ob das so entstandene Geräusch acustisch definirbar sei, findet sich bei ihm keine Mittheilung. Er giebt zu, was auch Brücke (a. a. O.) anführt, dass sich bei stärkerem Exspirationsdruck die für das H verengte Stimmritze leicht in Vibrationen setze, wodurch dann ein Vocallaut mittöne. Wenn ich nach der oben gezeigten Methode den H-Laut flüsternd hervorzubringen suche, so tönt am leichtesten ein A mit. Die Mundstellung entspricht auch bei dem Versuche, den H-Laut allein für sich zum Tönen zu bringen, am meisten der dem Vocale A zukommenden, weniger geeignet erweist

---

*) Mémoires sur la parole. Archive géner. de med. 4 Ser. Tom XIV, pag. 350.

**) Ueber den Spiritus asper und lenis und über die Flüsterstimme, nebst Bemerkungen zur phonetischen Transscription der Kehlkopflaute, von Prof. Joh. Czermak in Jena.

Separatabdruck aus dem LIII. Bde. der Sitzungsber. der kaiserl. Academie der Wissenschaften. 1865. December.

sich die Stellung für das O. Das von Czermak für das H angenommene selbständige Reibungsgeräusch des Kehlkopfes ist so schwach, dass es ohne directe Auscultation des Kehlkopfes nicht hörbar ist; allerdings kann es durch die Resonanz der Mundhöhle verstärkt werden, dann tritt aber auch der Vocalton A bei der Flüstersprache mit ein, welcher durch dieses begleitende Geräusch und die etwas anders geformte Stimmritze einen anderen Toncharacter bekommt, als wenn man den Vocal A rein und selbständig ertönen lässt. Diese Veränderung des Toncharacters ist natürlich im Einzelnen nicht definirbar. Von den in der Musik gebräuchlichen Benennungen möchte sich wohl am besten das H als leiser Vorschlag eines Vocaltones bezeichnen lassen, weil der Vocalton wegen des vorangehenden H-Lautes nicht kurz und präcis einsetzt, die Stimmbänder nicht zur rechten Zeit fest ansprechen, sondern mehr allmählig in ihre für den Vocal geeigneten Schwingungen versetzt werden. Dass dem H kein selbständig hörbarer Ton zukommt geht schon daraus hervor, dass weder die Stimmritze, noch Gaumen, Zähne oder Lippen bei seiner Aussprache eine solche Stellung haben, dass die durchgehende Luft sie in regelrechte Schwingungen versetzen oder selbst in solche versetzt werden könnte, es fehlt also dem so gestalteten Sprachwerkzeuge an dem ersten Erforderniss zur Bildung eines deutlich vernehmbaren Tones, an dem eigentlich tongebenden oder tonerzeugenden Theile.

Der L-Laut

wird so gebildet, dass sich zuerst die Zungenspitze, ähnlich wie dies beim T-Laut geschildert ist, vorn gegen den Gaumen stemmt, (desshalb nennt Chladni a. a. O das L einen Zungenstemmlaut), dann aber nicht, wie beim T-Laut, durch eine schnellende, anschlagende und daher tonerzeugende Bewegung sich löst, sondern nur durch eine allmählige mehr wankende nach abwärts gleitet. Zugleich theilt sich der aus der Lunge kommende Wind auf der Zungenwurzel und strömt neben den hinteren Backenzähnen zu beiden Seiten den Wangen entlang der Mundöffnung zu. Dies ist nach Brücke die Bildungsweise des auch von ihm als tonlos bezeichneten L. Es ist einleuchtend, dass lediglich durch das langsame Lösen und wankende Abwärtsgehen der Zunge sowie durch das getheilte Auswärtsströmen der Luft aus weiten Oeffnungen sich kein selbständig hörbarer Ton bilden kann; man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man bei ruhender erweiterter Stimmritze die eben für das L beschriebenen Bewegungen der Mundtheile ausführt. Das L wird aber, wie Brücke angiebt, tönend, wenn man die Stimmritze

in tönende Schwingungen dabei versetzt; nach meiner Ausdrucksweise würde das heissen: wenn das L anfängt von einem Vocaltone sich einen Theil zu borgen. Es wird nämlich das An- und Aus-Tönen der Vocalklänge durch ein L dahin modificirt, dass der Resonanzraum der Mundhöhle sich im Momente des Erklingens der Stimmbänder nicht wie beim reinen Vocalton sogleich frei und ganz öffnet, sondern erst allmählig unter einer abwärts wankenden Bewegung der Zunge seine volle Form gewinnt. Hierdurch wird dem Vocalklange ein eigenthümlich unsicherer und zum Theil bedeckter, nicht gleichmässiger Toncharacter aufgeprägt. Ich hebe diese Veränderung des Toncharacters gerade besonders an dieser Stelle hervor, weil sich daraus für das defecte Ohr höchst interessante Erscheinungen ergeben, die ich im zweiten Theile dieser Arbeit zu schildern gedenke. — Bei dem auf die erläuterte Art gebildeten L-Laute hat die Mundhöhle die günstigste Stellung, wenn der Vocal I mitklingt; desshalb entsteht so leicht das sogenannte L mouillé. Durch dieses wird der Vocalton des I manchmal so wenig geändert, dass das L nicht mehr deutlich anspricht, und man nur ein etwas bedecktes I hört. — Die romanischen Sprachen tragen dieser Verwandtschaft weit mehr Rechnung als die germanischen. In dem milden Italienischen supplirt das I sogar öfters das L; so haben wir statt planus — piano, für flos — fiore u. a. m. (Valentin). Vergleichen wir nun die Thätigkeit unsres Sprachwerkzeuges und seine Stellung beim H-Laute mit der des L-Lautes, so finden wir, dass ein Vocal mit vorausgehendem H-Laute das Zungenwerk nicht frei und rasch in tönende Schwingungen versetzt, sondern dass die Stimmbänder erst allmählig angeben; dass es dagegen beim L der Resonanzraum der Mundhöhle ist, welcher sich nicht frei und präcis öffnet, sondern, während die Stimmbänder schon tönen, erst allmählig seinen Verschluss löst. Wenn es mir erlaubt ist, das so gestaltete Sprachwerkzeug mit einer Orgelpfeife zu vergleichen, so würde beim vorangehenden L durch langsame, wankende Bewegung und Lösung der oberen Oeffnung des Resonanzrohres aus einer gedeckten eine offene Pfeife gebildet, während die Pfeife schon tönt; dadurch wird der Ton der Pfeife entsprechend geändert, nämlich er wird höher und heller, während beim nachfolgenden L aus der offnen Pfeife allmählig durch Verschliessung der oberen Oeffnung eine gedeckte gemacht und der Ton dem entsprechend vertieft und dumpfer wird. Geht das L also dem Vocale voran, so klingt dieser dadurch anfangs tiefer und dumpfer und kommt erst mit Aufhören des L-Verschlusses in seiner Reinheit und natürlichen Tonhöhe zur Geltung; folgt das L dem Vocale, so setzt dieser in seiner natürlichen Tonfärbung

ein und schliesst dumpfer und tiefer während der Bildung des L-Verschlusses.

Der M- und der N-Laut.

Diese beiden tonborgenden Consonanten, oder besser Resonanten, wie sie Andere nennen, habe ich für die acustische Definition zusammengefasst, weil sie durch ihre Geburt eine bevorzugte Stellung den übrigen Consonanten gegenüber darbieten und gewissermassen Zwillingsbrüder sind.

Während nämlich bei Aussprache reiner Vocale nach Czermak's Untersuchungen die Gaumenklappe geschlossen ist, so dass keine Luft durch die Nase ausströmen kann, so ist bei Aussprache der beiden Resonanten (wie ich von jetzt an den M- und N-Laut zusammen bezeichnen will) die Gaumenklappe derart gestellt, dass ein grosser Theil der ausströmenden Luft seinen Weg durch die Nase nimmt. Es ist ersichtlich, dass der dabei in Schwingungen versetzte Resonanzraum vorzugsweise aus dem Nasenrachenraume und der Nasenhöhle besteht. Dass den beiden Resonanten kein selbständig hörbarer Ton zukommt, sondern dass sie nur modificirte Vocalklänge, resp. musikalisch betrachtet als entsprechender Vorschlag oder Nachschlag zu einem Vocalklange aufzufassen sind, darüber sind die früheren Autoren einig gewesen, wenn sie es auch in anderer Art als der eben bezeichneten ausgedrückt haben. So sagt Brücke: *) „Der Weg durch den Mundcanal ist der Luft versperrt, aber der durch die Nase steht ihr offen. Dies sind die Laute, welche ich Resonanten nenne, und die man sonst auch als Nasales oder Semivocales zu bezeichnen pflegt. Sie haben mit den Vocalen gemein, dass sie nicht wie die übrigen Consonanten ein von der Stimme unabhängiges, eigenes Geräusch haben, sondern nur auf Resonanz beruhen, unterscheiden sich aber dadurch von den Vocalen, dass bei ihnen der Weg durch den Mundcanal verschlossen ist, und dass sie somit nicht wie jene zur Verbindung von Consonanten benutzt werden können. Die deutsche Schrift hat nur für zwei derselben eigene Zeichen, für M und N."

Ségond nimmt geradezu an, dass das sogenannte N nasale der Franzosen gar kein Consonant sei, sondern nichts als der dem vorhergehenden Vocale mitgetheilte Nasenton.

Wenn man die Stellung der Mundtheile ganz so nimmt, als wollte man M oder N aussprechen, aber dabei die Stimmritze ruhen lässt in ihrer erweiterten Stellung, so hört man keinen Ton, sondern ein blosses

*) a. a. O., pag. 3.

Schnaufen, welches die Luft durch Reibung in der Nasenhöhle beim Durchströmen erzeugt. Es ist daher ganz besonders für das M und N die Bezeichnung „tonborgende Consonanten“ zutreffend.

Es ist schwer, die Unterschiede in der Bildungsweise für das M und für das N aufzufinden. Brücke nimmt an: wenn man die Lippen schliesst wie zur Bildung des B-Lautes und die Luft bei tönender Stimme zur Nase herausströmen lässt, so entsteht das M; wenn man dagegen den Verschluss im Mundcanale wie zum T-Laut bildet und bei tönender Stimme die Luft zur Nase heraustreten lässt, so entsteht das N.*)

Herr Geh. Rath Helmholtz hatte die Güte, mir die Entstehungsweise des M und N auf künstlichem Wege in folgender Art zu erläutern. Er setzte auf eine Pfeife des Vocalapparates, z. B. auf die, welche ein A bildete, eine auf die Tonhöhe des Resonanzraumes dieses Vocales abgestimmte Resonanzkugel, und zwar zuerst luftdicht auf die obere Oeffnung der Pfeife. Vergl. Fig. 1, pag. 11. So entsteht ein volles, deutliches A. Dann liess er abwechselnd die Resonanzkugel unter einem grösseren oder kleineren Winkel schief in der Art auf der oberen Oeffnung der Pfeife aufstehen, dass bald ein schmalerer, bald ein breiterer Theil des Luftstromes neben der Kugel entweichen konnte. Liess man den breiteren Luftstrom entweichen und dann wieder den ganzen Luftstrom in die Kugel strömen, so bildete sich das Wort Mama, liess man einen schmaleren Theil des Luftstromes neben der Resonanzkugel entweichen und dann wieder den ganzen Luftstrom in die Kugel einströmen, so bildete sich Na-na oder Ana. Hiernach wird man also wohl zu der Annahme berechtigt sein, dass im menschlichen Sprachwerkzeug das Gaumensegel beim M und N seine Stellung in der Art wechselt, dass es beim M mehr nach vorn sich bewegt, beim N mehr nach hinten, so dass beim M ein breiterer, beim N ein schmalerer Luftstrom durch die Nase entweichen kann; die Mundhöhle würde im obigen Vergleich durch die Resonanzkugel, der nebenher entweichende Luftstrom durch die Nasenhöhle anzudeuten sein. Das Oeffnen und Schliessen der Mundhöhle würde dadurch nachgebildet, dass man die obere Oeffnung der Resonanzkugel im geeigneten Momente mit dem Finger öffnete oder verschlösse. Die acustische Definition der so gebildeten Resonanten M und N erhellt aus ihrer künstlichen Darstellung. Sie verändern den Toncharacter des Vocales, welchen sie begleiten; geht der Resonant voran, so entsteht anfangs ein tiefer, brummender

*) Genau in dieser Weise stellt auch Faber diese beiden Laute künstlich auf seiner Sprechmaschrne dar. Vergl. unten pag. 67.

Vorschlag oder Ansatz zu einem Vocaltone, und erst mit dem vollständigen Oeffnen der Mundöffnung und entsprechendem, vollständigem Verschlusse der während des Tönens des Resonanten theilweise offenen Gaumenklappe fängt der Vocalton an, seinen reinen Character zu gewinnen.

Die obere Oeffnung der Resonanzkugel (vordere Mundöffnung) ist geschlossen, während das Zungenwerk der Pfeife (Stimmritze) dumpf wegen dieses Verschlusses zu tönen anfängt; jetzt wird die untere Oeffnung der Kugel durch Schrägstellen zum Theil geöffnet (Bewegung der Gaumenklappe), dann wieder durch Geradaufstellen der Kugel luftdicht geschlossen und die obere Oeffnung aufgelassen. Hierdurch wird der bisher tiefere, dumpfe und brummende Ton allmählig erhöht, und am Schlusse des Verfahrens nimmt der Vocalton erst seinen natürlichen, reinen Toncharacter an, wenn die Luft frei durch die Resonanzkugel (Mundhöhle) strömen kann.

Folgt dagegen der Resonant dem Vocale, so wird durch das eben erläuterte Verfahren der Vocalton allmählig dumpfer, tiefer und brummender werden, bis die Exspiration beendigt ist, oder bis durch Bildung anderer Laute das Sprachwerkzeug eine andere Stellung einnimmt. So haben wir auch hier wieder Gelegenheit, die wunderbar weise Anordnung in der wechselnden Thätigkeit der einzelnen Abtheilungen unsres Sprachwerkzeuges zu bewundern, welches so mannigfaltige und verschiedenartige Laute in rascher Folge zu bilden in den Stand gesetzt ist.

Ueber die Klangfarbe des M- und N-Lautes finden sich bei Helmholtz *) folgende Andeutungen:

„An das U schliesst sich noch der brummende Ton, der entsteht, wenn man mit geschlossenem Munde singt. Dieser brummende Ton wird beim Ansatz des Consonanten M, N, und Ng gebraucht. Die Nasenhöhle, welche hierbei für den Ausgang des Luftstromes dient, hat im Verhältniss zur Grösse ihrer Höhlung eine noch engere Oeffnung als die Mundhöhle beim Vocale U. Beim Brummen eines Tones treten desshalb die Eigenthümlichkeiten des U in noch gesteigertem Maasse auf. Nämlich, obgleich noch Obertöne da sind und sogar ziemlich hoch hinaufreichen, so nehmen sie nach der Höhe hin noch viel schneller an Stärke ab als beim U. Die höhere Octave des Grundtones hat beim Brummen noch ziemliche Stärke, alle höheren Partialtöne sind aber schwach. Das Brummen in der Mundstellung für M

*) l. c., pag. 177.

und N unterscheidet sich noch ein wenig in der Klangfarbe, indem beim N die Obertöne weniger gedämpft sind als beim M. Aber ein deutlicher Unterschied dieser Consonanten entsteht doch erst in dem Momente, wo die Mundhöhle geöffnet oder geschlossen wird."

Es war also wohl auch Helmholtz der Ansicht, dass es eine characteristische Eigenschaft der Resonanten sei, dass sie das Antönen oder das Abtönen der Vocale modificirten, um dadurch laut zu werden.

Der W-Laut.

Es erübrigt nur noch wenig Worte für diesen zusammengesetzten Laut, da aus dem über die acustischen Eigenschaften der übrigen tonborgenden Consonanten Gesagten auch die Definition des W-Lautes sich nachweisen lässt.

Brücke erläutert ihn a. a. O., indem er dem Capitel die Ueberschrift giebt „Verschmelzung eines Consonanten mit einem Vocal." Der betreffende Vocal ist nämlich das U, welches bei Hervorbringung des W mehr oder weniger mittönt. Wenn man den Vocal U laut werden lässt und die Mundöffnung mehr und mehr verengt, so entsteht zunächst ein Mischlaut zwischen dem U und dem hochdeutschen W, es ist das double-U der Engländer; nimmt man die Mundstellung ähnlich wie zur Bildung des F-Lautes und lässt den Laut kürzer und etwas präciser einsetzen, zugleich mit der Angabe des Vocales, indem man rasch den Mund öffnet, so entsteht das hochdeutsche W. Der Umstand, dass das W in Wort und Schrift oft als aus zwei Lauten, nämlich einem zu V erweichten F-Laute und einem U, oder, wie die Engländer es nennen, aus einem doppelten U bestehend betrachtet wird, liess mich es einen zusammengesetzten tonborgenden Consonanten nennen; denn es lässt sich ohne Mittönen des Vocales U nicht selbständig hörbar machen.

Seine künstliche Darstellung gelingt, wenn man die obere Oeffnung der grossen, den CDur-Accord $C^1 : e^1 : G^1 : C^2$ gebenden Pfeife, welche 4 Zungen in einem Resonanzkasten vereinigt, abwechselnd langsam öffnet und wieder schliesst. Ist die obere Oeffnung des Resonanzkastens der Pfeife z. B. durch die aufgelegte Hand geschlossen, so hört man einen dem tiefen, gedämpften U ähnlichen Ton; löst man jetzt langsam den Verschluss, so erscheint das W bei dieser Bewegung der Hand, und es folgt ein dem Ä ähnlicher Laut, weil die höheren Töne des Accordes mit dem Oeffnen der Pfeife mehr ansprechen — so dass nun die ganze Zusammenstellung wie Uwä tönt und recht klagend klingt.

---

4. Ueber Klangfarbe und Tonstärke der Consonanten und Vocale.

Die Klangfarbe der Sprachlaute.

Helmholtz bemerkt gelegentlich der Definition der Klangfarbe der Töne,*) dass manche von den Eigenthümlichkeiten der Klänge von der Art und Weise abhängen, wie die Klänge anfangen und enden. Die Arten des Anklingens und Ausklingens sind ja oft so characteristisch, dass sie für die menschliche Stimme durch eine Reihe verschiedener Buchstaben ausgedrückt werden. Es gehören hierher nämlich die explosiven Laute B, D, G und P, T, K. Diese Buchstaben werden gebildet, indem entweder die verschlossene Mundhöhle geöffnet oder die geöffnete verschlossen wird.

Der Begriff „Klangfarbe der Töne" ist zwar bis jetzt noch immer nicht erschöpfend für alle ihre Eigenschaften klar gestellt, aber gerade diese Consonanten sind vermöge ihrer Entstehungsweise geeignet, die eine nach Helmholtz oben angeführte Eigenschaft der Klangfarbe, nämlich die Art und Weise, wie die Klänge anfangen und enden, characteristisch hervortreten zu lassen. Ich kann der an der citirten Stelle von Helmholtz weiter entwickelten Ansicht: dass die Reihe der Mediae B, D, G sich von den Tenues P, T, K dadurch unterscheide, dass bei Entstehung der Mediae die Stimmritze hinreichend verengt sei, um tönen zu können, bei der Entstehung der Tenues aber die Stimmritze beträchtlich mehr erweitert sei und nicht tönen könne; dass darnach die Mediae von einem Stimmtone begleitet seien, die Tenues aber nicht, aus den von mir bei Erläuterung der Entstehungsweise der Consonanten angeführten Gründen nicht beistimmen und muss das Princip, dass sowohl B, D, G als P, T, K selbsttönende Consonanten sind, aufrecht erhalten. Darnach wird man bei unbefangener Prüfung der Laute B und P, D und T finden, dass das sogenannte harte P und T von den sogenannten weichen B und D sich vornehmlich durch die Tonstärke unterscheiden. Dieser Unterschied wird rein mechanisch dadurch bewirkt, dass die muskulösen Theile des Mundes, welche bei Bildung dieser Laute in Action treten, bei den harten Lauten P oder T sich etwas präciser, mit grösserer Energie oder härter schliessen oder öffnen als bei Bildung der weichen Laute. Die aus der Lunge kommende Luftmenge hat dabei einen weit geringeren Einfluss, denn man kann diese Laute, die weichen wie die harten, recht gut und deutlich bilden in dem Momente der Ruhe zwischen Inspiration und Exspira-

*) l. c., pag. 114.

tion, blos mit Hilfe der muskulösen Theile des Mundes*); der von den Autoren bisher als Begleiter angenommene Stimmton, welcher dabei gehört wird, ist nichts anderes als der Ausdruck der Schwingungen, welche die verstärkte Resonanz der in der Mundhöhle eingeschlossenen Luftmasse erzeugt. Ich gebe zu, dass im Momente starker Exspiration mit forcirter Aussprache von P oder T die durchströmende Luft noch nebenher in der Kehlkopfenge einen schwachen Ton erzeugen kann, ganz ähnlich dem forcirten H (vergl. H-Laut), aber dieser ist dann nur ein zufälliger Begleiter der erwähnten Consonanten, welcher durchaus zu ihrer Bildung entbehrlich ist, ja welcher sogar der Reinheit der Lautbildung schadet; denn, wie erwähnt, soll die Thätigkeit des Kehlkopfes bei Bildung des P- und T-Lautes ausgeschaltet sein, und es sollen dafür Lippen, Gaumen und Zähne den tonbildenden Apparat ohne Zuhilfenahme der Exspirationsluft darstellen, damit sich andere Lautarten des Windstromes um so ungehinderter zu ihrer Entstehung bedienen können.

Die volksthümlichen Bezeichnungen „weich" und „hart" erläutern ganz richtig den Unterschied in der Klangfarbe, während dabei der Unterschied in der Tonstärke nicht berücksichtigt ist. Durch schärferes, präciseres Schliessen oder Oeffnen der Mundtheile gewinnt der entstehende Ton etwas mehr Härte und Kürze, durch mehr allmähliges, weniger präcises Oeffnen oder Schliessen wird der Ton gedehnter, weicher und leiser. Dieser letztere Unterschied in der Klangfarbe, nämlich die Schnelligkeit, mit der ein Ton sich verliert, wird auch von Helmholtz a. a. O. hervorgehoben. — Bei der Betrachtung des Unterschiedes vom G-Laut und K-Laut kommen aber noch andere Factoren der Lautbildung in Frage, welche von wesentlichem Einfluss auf Tonhöhe, Klangfarbe und Tonstärke sind und welche ich theils bei Abhandlung der Tonhöhe dieser Laute erörtert habe, theils hier noch näher beleuchten werde.

Eine weitere Eigenschaft der Klangfarbe der Töne manifestirt sich nach Helmholtz in den Eigenthümlichkeiten des gleichmässig andauernden Klanges, abgesehen von den Eigenschaften des Anfanges oder Endes derselben. Er berührt in diesem Theile der Tonempfindungen eine der wichtigsten der uns beschäftigenden Fragen, nämlich die:

„Sind die Consonanten blos Geräusche?"

oder mit anderen Worten: „Sind die bei Entstehung der Consonanten sich bildenden Luftbewegungen ganz unregelmässig, unperiodisch oder unbeständig?" Wegen der eminenten Wichtigkeit dieser Frage wird

---

*) Vergl. hierzu die Note zu pag. 53.

es nicht unpassend erscheinen, wenn ich dem Leser zuerst die Ansichten von Helmholtz noch etwas mehr als bisher im Zusammenhang vorführe, und daran meine aus den Versuchen gewonnene Ueberzeugung anreihe.

Helmholtz fährt a. a. O. in der Erläuterung der musikalischen Klangfarbe also fort: „Aber auch wenn ein Klang mit gleicher oder veränderlicher Stärke andauert, mischen sich ihm bei den meisten Methoden seiner Erregung Geräusche bei, als der Ausdruck kleinerer oder grösserer Unregelmässigkeiten der Luftbewegung. Bei den durch einen Luftstrom unterhaltenen Klängen der Blasinstrumente hört man meistentheils mehr oder weniger Sausen und Zischen der Luft, die sich an den scharfen Rändern der Anblaseöffnung bricht. Bei den mit dem Violinbogen gestrichenen tönenden Saiten oder Stäben und Platten hört man ziemlich viel Reibegeräusch des Bogens. Die Haare, mit denen dieser bespannt ist, sind natürlich mit vielen, wenn auch sehr kleinen, Unregelmässigkeiten besetzt, der harzige Ueberzug ist nicht absolut gleichmässig verbreitet, auch treten wohl kleine Unregelmässigkeiten in der Führung durch den Arm, in der Stärke des Druckes ein, welche auf die Bewegung der Saite von Einfluss sind, so dass der Ton eines schlechten Instrumentes oder ungeschickten Spielers wegen dieser Unregelmässigkeiten rauh, kratzend und veränderlich ausfällt. Ueber die Beschaffenheit der diesen Geräuschen entsprechenden Luftbewegungen und Gehörsempfindungen können wir erst später sprechen, wenn wir den Begriff der Schwebungen erörtert haben. Gewöhnlich sucht man, wenn man Musik hört, diese Geräusche zu überhören, man abstrahirt absichtlich von ihnen, bei näherer Aufmerksamkeit jedoch hört man sie in den meisten durch Blasen und Streichen hervorgebrachten Klängen sehr deutlich. Bekanntlich werden die meisten Consonanten der menschlichen Sprache durch solche anhaltende Geräusche characterisirt, wie F, W, S, Sz, englisch Th, J, Ch. Bei einigen wird der Klang durch Zitterungen der Mundtheile noch unregelmässiger gemacht, wie beim R und L. Beim R wird der Luftstrom durch Zittern des weichen Gaumens oder der Zungenspitze periodisch ganz unterbrochen, und wir bekommen dadurch einen intermittirenden Klang, dessen eigenthümlich knarrende Beschaffenheit eben durch diese Intermissionen hervorgebracht wird. Beim L sind es die vom Luftstrome bewegten, schlaffen, seitlichen Zungenränder, welche zwar nicht vollständig Unterbrechungen aber doch Schwankungen*) der Tonstärke

*) Ich mache auf diese Erläuterung einer Eigenschaft des L-Lautes, das „Schwankende“, hier noch ganz besonders aufmerksam, weil sich aus ihr sehr interessante Erscheinungen beim defecten menschlichen Ohre ergeben. Der Verf.

hervorbringen. Aber auch die Vocale der menschlichen Stimme sind nicht ganz frei von solchen Geräuschen, wenn sie auch neben dem musikalischen Theile des Stimmtones mehr zurücktreten. Es sind theilweise dieselben, welche beim leisen, tonlosen Sprechen für die entsprechenden Vocale hervorgebracht werden. Am stärksten sind sie beim I, Ü, U, und bei diesen Vocalen kann man sie auch laut sprechend leicht hörbar machen; durch einfache Verstärkung derselben geht der Vocal I in den Consonanten J und der Vocal U in das englische W (double-U; der Verf.) über."

Da die Consonanten in ihrer Klangfarbe und auch in ihrer Entstehungsweise manche Aehnlichkeit mit den Klängen der künstlichen Instrumente haben, wie ich im Folgenden noch ausführlicher erörtern werde, so werden die auf dem künstlichen Instrumente den Hauptton begleitenden zischenden, reibenden oder kratzenden Geräusche auch einzelnen Consonanten bei ihrem Lautwerden anhängen. Immerhin bleibt desshalb doch der durch den Resonanzraum verstärkte Eigenton des Lautes die Hauptsache, und das Geräusch ist nur ein Begleiter oder eine Schwebung als Ausdruck verschiedener Nebentöne. So wird z. B. bei den durch den Exspirationsstrom erzeugten Consonanten der grösste Theil der Luftmasse zur Bildung des Eigentones des Consonanten verwendet mit regelmässigen Schwingungen, der kleinere Theil bricht sich unregelmässig an den Oeffnungen zwischen einzelnen Zähnen oder an den Ecken der Lippen. Dass diese unregelmässigen Begleiter des Eigentones bei manchen Consonanten, z. B. beim F- und S-Laute, bisweilen sehr stark hervortreten, so dass sie allerdings stets viel stärker ins Ohr fallen, als bei denjenigen Vocalen, welche am meisten von Schwebungen und Geräuschen begleitet sind, ergiebt sich aus der Construction des musikalischen Apparates unsres Sprachwerkzeuges. Derjenige Theil desselben, welcher die betreffenden Consonanten bildet, nämlich Lunge, Lippen, Gaumen und Zähne, ist musikalisch viel unvollkommener, viel ungünstiger situirt, als derjenige, welcher die Vocale entstehen lässt: nämlich die Lunge als Blasebalg, der Kehlkopf als Ideal, eines vollkommenen Zungenwerkes und die Mundhöhle als Ansatz- oder Resonanzrohr. Es ist ja bekannt, dass je vollkommener die Construction, je besser das Material eines Instrumentes ist, desto reiner, kräftiger und ansprechender werden die Töne desselben. Im folgenden will ich versuchen, für die Reihe der selbsttönenden Consonanten einige Eigenschaften der Klangfarbe zu erläutern, wie sie sich aus den sie begleitenden Geräuschen und aus der Aehnlichkeit mit den Klängen verschiedener künstlicher Instrumente ergeben.

Der B-Laut (Tonhöhe = e^{I})

ist von allen Consonanten am wenigsten von Geräuschen oder auch von Schwebungen begleitet, weil er schon seiner Entstehung nach einen relativ einfachen Ton repäsentirt. Nach Helmholtz ist die Reinheit der Klangfarbe abhängig von der Zahl und Anordnung der Obertöne; den reinsten Klang hat der einfache Ton, nicht der aus mehreren Tönen zusammengesetzte. Ein solcher einfacher Ton wird am reinsten und leichtesten hervorgebracht, wenn man eine angeschlagene Stimmgabel vor die Mündung einer Resonanzröhre hält. Die Enstehung des B-Lautes hat viel Aehnlichkeit mit der für die einfachsten Töne vorausgesetzten. Die Resonanzröhre ist hier die Mundhöhle — statt der vor diese gehaltenen tönenden Stimmgabel, d. h. eines tongebenden Körpers mit zwei Branchen, substituirt man die Lippen, welche durch einfaches Auseinanderschnellen die Luftmasse der Mundhöhle in gleichmässige, einfache Schwingungen versetzen und zwar nur kurz andauernd, weil alsbald wieder ein Verschluss der Mundhöhle folgt, wenn man den B-Laut für sich allein hervorbringt. Der daraus resultirende Ton wird noch reiner und einfacher sein als ein mit Hilfe der Stimmgabel erzeugter, weil man fast nie eine Stimmgabel findet, welche frei von Obertönen ist, während die Thätigkeit der Lippen einfach und direct die Luft des Resonanzraumes selbst in Schwingungen versetzt. Einfache Töne haben einen armen, leeren und etwas dumpfen Klangcharacter, ein solcher kommt daher auch dem B-Laute zu; er spricht wegen seiner Kürze und Schwäche complicirt mit der der Auffassung des Ohres nicht sehr günstigen tiefen Tonlage e^{I} wenig an und wird daher, wie wir später sehen werden, von dem defecten menschlichen Ohre auch äusserst schwierig aufgefasst.

Von den Vocalen hat das U die wenigsten Obertöne und kommt den einfachen Tönen am nächsten, von den Consonanten möchte ich also dem B-Laute diese Stellung zuerkennen. Die Art der Entstehung und der Toncharacter entspricht am meisten den Tönen einer auf e^{I} abgestimmten Trommel.

Der B-Laut ist wohl bei allen Menschen ziemlich constant, trotz der verschiedenen Grösse der Mundhöhlen, weil die Mundöffnung auch entsprechend kleiner ist, wenn der ganze Raum der Mundhöhle, bei Kindern z. B., geringere Dimensionen zeigt.

Der K-Laut (Tonhöhe d^{II} bis d^{III}),

welcher schon bezüglich der Tonhöhe schwierigere und weniger constante Verhältnisse zeigte, bietet auch hier, in der Definition der Klangfarbe, grössere Schwierigkeiten dar, als der B-Laut. Wir sehen, dass der K-Laut (K und sogenanntes hartes G) in den G-Laut, dieser in J und schliesslich in den Vocal I übergeführt werden kann unter Steigerung der Tonhöhe in den Grenzen von d^{II} zu d^{IV}; wir fanden zwischen dem schwach prononcirten K und dem erwähnten harten G keine wesentliche durch Tonhöhe ausgedrückte Differenz; dagegen ist es vornehmlich die Klangfarbe, welche den Unterschied dieser Laute characterisirt. Nach Helmholtz entstehen wesentliche Unterschiede in der Klangfarbe durch die Art und Weise, wie ein Instrument zum Tönen gebracht wird, und je nach dem Material, aus welchem das Instrument besteht.

Da beim K-Laute der Anschlag der Zungenwurzel an den harten, nur von wenig Weichtheilen (Schleimhaut und Periost) überzogenen Knochen des harten Gaumens erfolgt und zwar mit kurzem, schnellendem Anschlag, so wird daraus für das K eine Klangfarbe resultiren, welche man als hart, leer, unrein und hölzern bezeichnen könnte. Die Dauer des Klanges wird eine ziemlich kurze sein. Bei Aussprache des harten G, z. B. in dem Wort Göthe, geschieht dagegen die Bewegung der Zungenwurzel mehr nach dem weichen Gaumen zu, und der Laut hat mehr in den hinteren Theilen sein Articulationsgebiet. Die anschnellende Bewegung der Zungenwurzel ist dabei allmähliger, sanfter, weniger energisch; hierdurch wird die Klangfarbe des Tones weicher, etwas dunkler, die Tondauer länger, die Tonstärke schwächt sich ab. Führen wir jetzt dieses harte G in den weichen G-Laut (G und Ch vor e, i) über, so bilden wir den Ton nicht mehr durch Anschlag, sondern durch Einströmenlassen des Windes in die Enge zwischen Zungenwurzel und Gaumen. Dadurch steigt der Ton um eine Octave von d^{III} auf d^{IV}, die Tondauer wird länger, man hört bereits den Vocal I, welchem gleichfalls die Tonhöhe d^{IV} zukommt, mitklingen, ähnlich als wenn man ihn flüsternd für sich ausspricht. Die Uebergänge des weichen G in Jot und dieses in I characterisiren sich durch Aenderung in der Klangfarbe.

Wenn wir mit Helmholtz annehmen, dass die Klangfarbe eines Tones von der Zahl und harmonischen Beschaffenheit seiner Obertöne abhängig sei, so können wir vermuthen, dass das K, weil es unrein, leer und hölzern klingt, zwar von wenig Obertönen begleitet ist, dass diese aber unharmonisch sind, gerade wie die Töne der Holzharmonika, mit

welchen das K sowohl bezüglich seiner Entstehungsweise als seines Toncharacters viel Aehnlichkeit hat. Giebt es doch Menschen, welche eine gewisse Fertigkeit sich angeeignet haben, durch Anschnellen der Zungenwurzel an den harten Gaumen und dabei veränderliche Stellung des Resonanzraumes der Mundhöhle eine ganze Reihe von Tönen entstehen zu lassen, welche täuschende Aehnlichkeit mit denen der Holzharmonika darbieten; man kann auf diese Weise eine ganze Tonleiter derselben mit dem Munde nachbilden. Wird dagegen der K-Laut in den G-Laut (G und Ch weich) übergeführt, so nimmt die Zahl der Obertöne zu, es werden dieselben etwas harmonischer; bildet man dann mit Hinzufügen der zweiten Enge vorn an der Mundöffnung die Stellung für den Sch-Laut, so entsteht der **schön harmonische** Dreiklang dieses Lautes. Immerhin ist es bemerkenswerth, dass der K-Laut mit seinen unharmonischen Obertönen zu dem Vocale, welchem gleichfalls von allen Vocalen die zahlreichsten unharmonischen Obertöne anhängen, nämlich dem I, eine nahe Verwandtschaft hat.

Der T-Laut (T und D) Tonhöhe fis^{II}—fis^{III}

entsteht, wie wir gesehen haben, dadurch, dass die Zungenspitze einen schnellenden Stoss gegen die Zahnreihen macht und in Folge dessen die in der Mundhöhle eingeschlossene Luftmasse in Mitschwingungen setzt. Da die Art der Tonangabe sowohl als das Material des Instrumentes — nämlich Zunge, vorderer Theil des harten Gaumens und Zähne — sich nicht wesentlich von dem dem K-Laute eigenthümlichen unterscheidet, so wird auch die Klangfarbe dieses Lautes viel Aehnlichkeit mit der des K haben. Der Ton ist kurzdauernd, heller (wegen der höheren Obertöne) und etwas weicher, als der K-Laut. Wie das K vom s. g. harten G, so unterscheidet sich auch das T vom D im wesentlichen nur durch kräftigeren Anschlag, also grössere Tonstärke und etwas härtere Klangfarbe. Der früher von den Autoren als mittönend angenommene Stimmton ist gerade wie beim B-Laute nichts anderes, als der Ausdruck der verstärkten Resonanz der Mundhöhle. Man kann auch den T-Laut bilden, ohne dass Luft die Stimmritze passirt, ganz deutlich im Moment der Lungenruhe.*)

*) In wieweit eine menschliche Sprache möglich ist, wenn die Lungenluft den Kehlkopf nicht mehr passiren, die Theile seines Zungenwerkes nicht mehr in tönende Schwingungen versetzen kann, darüber habe ich mannigfache interessante Beobachtungen gemacht. Nach Tracheotomieen (operative Eröffnung der Luftröhre und Einlegen eines Röhrchens in die Wunde) sah ich die Operirten nach einer Reihe von Tagen wieder Sprachversuche machen, während ihr Kehlkopf für die Lungenluft noch vollkommen un-

Der F-Laut (Tonhöhe a^{II} — a^{III}).

Bereits bei Erörterung der Tonhöhe dieses Lautes wurde dargelegt, dass er Aehnlichkeit mit einem gedämpften Pfeifentone hat, und in

---

durchgängig war. Diese Undurchgängigkeit des Kehlkopfes constatirte man dadurch, dass man nach Entfernung des Röhrchens die Luftröhrenwunde mit dem Finger schloss; alsbald trat lebhafter Luftmangel ein, wenn der Kehlkopf noch keine Luft durchliess.

Ein in der letzten Zeit hier in Frankfurt von mehreren Collegen zugleich beobachteter Fall von vollständiger Undurchgängigkeit des unteren Kehlkopftheiles mag hier Erwähnung finden, weil er ganz geeignet ist, mancherlei interessante Aufklärungen über die Physiologie der Sprachlaute zu geben.

Fräulein D., jetzt 30 Jahre alt, hatte sich im December 1865 eine tiefe Schnittwunde am Halse beigebracht, welche die Luftröhre in der Gegend des ersten Knorpelringes durchtrennte und zugleich die Speiseröhre verletzte. Nach einigen Wochen heilte die Wunde zwar, die folgende Narbenzusammenziehung bewirkte aber eine so dichte Verwachsung der Luftröhre in der Gegend des ersten Knorpelringes, dass die Respiration nur mit Hilfe eines silbernen Röhrchens, welches in die Luftröhre eingefügt wurde, unterhalten werden konnte. Patientin trägt dieses Röhrchen noch jetzt. Entfernt man dasselbe und schliesst die Oeffnung in der Luftröhre mit dem Finger, so treten in kurzer Zeit Erstickungsanfälle ein.

Herr College Dr. M. Schmid constatirte zudem noch mit Hilfe des Kehlkopfspiegels einen vollständigen Verschluss und Verwachsung des oberen Theiles der Luftröhre.

Patientin erzählte mir, dass sie bereits sieben Wochen nach der Verletzung wieder Sprachversuche gemacht, aber erst sehr langsam die ihr jetzt eigenthümliche Sprache erlernt habe. Wir erkennen aus dem vorliegenden Falle, dass eine Sprache, mit welcher man sich gut verständlich ausdrücken kann, ohne tönende Schwingungen des Zungenwerkes des Kehlkopfes, blos mit Hilfe der Mund- und Nasen-Rachentheile, möglich ist.

Durch grosse Uebung hat die Patientin es dahin gebracht, die in den Mund- und Rachentheilen befindliche Luftmenge zur Bildung einer Reihe von Sprachlauten zu comprimiren und auszutreiben. Wie sie selbst angiebt, ist dabei die Muskulatur des Schlundes und des oberen Theiles der Speiseröhre zugleich in Thätigkeit. Sie schluckt dabei stets viel Luft und leidet daher sehr an Flatulenz. Der Kehlkopf ist beim Sprechen fortwährend in starker auf- und niedergehender Bewegung, und es scheint das Ansaugen und Austreiben der Luft durch die Muskulatur in ähnlicher Art wie bei einem Kautschukballon bewirkt zu werden. Am besten bildet sie die Laute, wenn sie Worte im Zusammenhang spricht, während es ihr oft schwer wird, einzelne Sprachlaute für sich zu erzeugen.

Sie sagte, dass sie von Taubstummen sehr gut verstanden werde, wohl aus dem Grunde, weil die Bewegungen der Theile des Sprachwerkzeuges von ihr sehr deutlich sichtbar dargestellt werden.

Von den Vocalen wird ihr das A am schwersten; für sich allein kann sie diesen Laut kaum darstellen, in Verbindung mit anderen Lauten gelingt es ihr leichter.

der That sind ja auch die bei der Bezeichnung der einzelnen Theile der Flötenpfeifen gebräuchlichen Benennungen „Mundöffnung“ und

---

Beim O nimmt sie die diesem Laute zukommende Mundstellung und macht mit der Zungenwurzel eine schnalzende Bewegung nach dem Gaumen zu.

Beim U nimmt sie die bezügliche Mundstellung, presst durch Heben des Kehlkopfes etwas Luft nach vorn und macht mit den Lippen eine Bewegung, als ob sie pfeifen wollte. Das U ist so ziemlich deutlich.

Das E gelingt ihr für sich allein nur schwer, sie zieht dabei den Unterkiefer stark nach hinten.

I und Jod gelingen ihr am leichtesten, indem sie durch die zwischen Zungenwurzel und Gaumen gebildete Enge vom Rachen her die Luft durchpresst und den Kehlkopf senkt und wieder hebt.

Von den Consonanten producirt sie die von mir früher als selbsttönend bezeichneten Laute ganz besonders desshalb deutlich und leicht, weil bei diesen, wie ich schon früher hinlänglich zeigte, die Schwingungen der Kehlkopftheile entbehrlich sind.

Die B-, K-, T-, F-, S-, Sch-Laute werden deutlich und ohne jede Schwierigkeit gebildet; für die Windmitlauter wird dabei die Luft von den hinteren Nasenrachentheilen hervorgepresst. Für den R-Laut ist offenbar der ihr zur Verfügung stehende Windstrom zu schwach, wesshalb ihr dieser Laut nur unvollkommen gelingt. Man hört zum Theil gurgelndes Rasseln in der Gegend der Uvula, zum Theil unterscheidet man Vibrationen der Zungenspitze. Beim rauhen Ch macht sie mehr würgende Bewegungen.

Dagegen bereiten ihr die tonborgenden Consonanten sehr erhebliche Schwierigkeiten, weil bei diesen die Thätigkeit des Kehlkopfes nicht wohl zu entbehren ist. Am besten gelingt noch das L, welches sie bildet, indem sie die Zungenspitze von den Vorderzähnen aus eine abwärts gleitende Bewegung machen lässt und dabei den Mund öffnet, oder, wenn das L am Ende des Wortes steht, ihn schliesst.

Auf die Verwandtschaft zwischen M und N einerseits und des B-Lautes andererseits habe ich schon früher hingewiesen. Wenn die Patientin M oder N für sich hervorbringen will, so hört man blos ein leichtes Schnaufen, als Ausdruck der Reibung einer geringen Luftsäule in der Nase. In Verbindung mit Vocalen lautirt sie statt M meistens B, statt Mama spricht sie Baba.

Das N ist fast unmöglich, das Wort Nein z. B. ist nicht zu verstehen. Beim H-Laute presst sie etwas Luft gegen die Wände des Rachens; auch dieser Laut ist meist unhörbar.

Durch starke Muskelbewegung des Rachens nach der Nase zu kann sie eine leicht schnäuzende Bewegung hervorrufen. Staub macht ihr sogleich heftige Hustenanfälle.

Interessant ist endlich noch, dass die Patientin fast alle Töne innerhalb der kleinen Octave stossweise pfeifen kann.

In der Litteratur finde ich nur einen Fall verzeichnet, welcher mit dem oben beschriebenen grosse Aehnlichkeit hat. Valentin sagt (l. c. pag. 302): „Diesem zum Theil entsprechend war ein Mensch, bei welchem die Communication der Luftröhre mit dem Kehlkopfe in Folge eines verunglückten Selbstmordversuches durch Verwachsungen unterbrochen wurde, im Stande: B, C, D, F, G, H, I, J, K, P, Q, R, S, T, U, V, X, Y, Z im Französischen zu articu-

„Lippe“ die hauptsächlichsten Theile, welchen der F-Laut seine Entstehung verdankt. Bei den Flötenpfeifen ist der Ton um so reiner und weicher, je schwächer der Wind angetrieben wird; reibt sich der Wind stark an der Lippe der Mundöffnung, so verdeckt das entstehende, zischende oder sausende Geräusch den regelmässigen Klang, welcher ausserdem durch die Resonanz des Ansatzrohres voll und rein zur Geltung kommen würde. Dieser Klang ist relativ arm an Obertönen und daher weich, aber leer. Das Material der Pfeifen ist von grossem Einfluss auf die Klangfarbe ihrer Töne. Wenn nun hölzerne Pfeifen eine weichere, weniger scharfe Klangfarbe haben als die metallenen, so nähern sich die Pfeifentöne, welche wir mit unsrem Munde hervorzubringen im Stande sind, am meisten dem reinen, einfachen, von Obertönen entblössten Tone. Pfeifen wir daher mit dem Munde den Ton a^{II}, so haben wir einen solchen reinen, einfachen Ton, welcher die Resonanz der in der Mundhöhle eingeschlossenen Luftmasse recht klar zum Ausdruck bringt; *) dämpfen wir ihn aber ab und schwächen den Luftstrom zur Bildung des F-Lautes, so tritt die Resonanz immer mehr zurück, immerhin bleibt aber noch der Ton a^{II} hörbar, wenn auch von hohen, von den unregelmässigen Bewegungen an der Lippenöffnung ausgehenden Geräuschen begleitet. Dabei hat sich die Stellung der Lippenöffnung etwas verändert, indem sie aus der regelmässigen, rundlichen Form mehr eine breite mit unregelmässigen Rinnen angenommen hat. Lassen wir jetzt durch diese Oeffnung die Luft sehr stark durchströmen, so wird der Ton eine Octave höher bis a^{III}, und die vielen an der Lippenöffnung entstehenden unharmonischen hohen Obertöne machen sich mehr geltend.

Die Tondauer ist beim F-Laute eine längere als beim B, K und T.

---

liren, A, E, L und vorzüglich O bereiteten sehr grosse Schwierigkeiten. Die Aussprache von M und N dagegen war gänzlich unmöglich. Der Mann musste durch eine Luftröhrenfistel, in welche er eine Canüle einbrachte, athmen. Beabsichtigte er zu sprechen, so öffnete er den Mund, senkte den Pharynx, hob den Kehlkopf, nachdem er den Stimmkanal mit Luft gefüllt hatte, in die Höhe und lautirte stossweise mit Intervallen zwischen zwei Worten, als wenn er husten wollte.“

*) Vergl. G. Engel, Studien zur Theorie des Gesanges. Archiv f. Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin von Reichert u. Dubois-Reymond. 1869. Heft 3., pag. 315 fg.

Die in der erwähnten Abhandlung, welche mir erst nach Vollendung der beiden ersten Theile dieser Arbeit zu Gesicht kam, gelegentlich der Prüfung der Vocallaute ausgesprochenen Ansichten begrüsse ich gern als eine Unterstützung für die von mir gewählte Methode zur Prüfung der Consonanten. Der Verf.

Der S-Laut (Tonhöhe = c^{IV} — c^{V}).

Der eben bei der Analyse der Klangfarbe des F-Lautes geschilderte ungünstige Einfluss, welchen die Form und Art des tongebenden Apparates auf die Reinheit des zu bildenden Tones ausübt, kommt in noch gesteigertem Masse bei der Entstehung des S-Lautes zur Geltung. Es combiniren sich nämlich hartes Material, ungleichmässiger Rand der Anblaseöffnung (Zahnreihen, Zahnlücken) mit sehr kleinem Resonanzraum und hoher Tonlage des Grundtones, um die Klangfarbe dieses Lautes hart, leer, scharf und unrein zu machen. Man erhält einen dem S ähnlichen Ton künstlich durch scharfes Anblasen einer kleinen Glasröhre oder noch besser einer schwach gewölbten in der Mitte durchbohrten Holzplatte. Das letztere Instrument würde auch eine gewisse Aehnlichkeit mit der Form der Mundtheile haben, wie sie beim S eingerichtet sind. Der Ton, oder vielmehr eine Reihe von sehr hohen Tönen, bildet sich an den Zwischenräumen sowohl beider Zahnreihen als auch der einzelnen Zähne jeder Reihe, der mitschwingende Resonanzraum ist ein kleinerer oder grösserer Theil des Vestibulum oris (vordere Mundabtheilung), je nachdem man die Lippen mehr vor- oder zurückzieht. Bei Erörterung der Klänge der Flötenpfeifen zeigt Helmholtz,*) dass namentlich bei den engen cylindrischen, metallenen Pfeifen neben dem Grundtone noch eine Reihe seiner harmonischen Obertöne durch die Resonanz des Rohres verstärkt wird, besonders wenn scharf geblasen wird, so dass das Luftgeräusch selbst viele höhere Töne enthält. Dem entsprechend hört man auch bei den stark angeblasenen, engen, cylindrischen Pfeifenregistern der Orgel (Geigenprincipal, Violoncell, Viola di Gamba) eine Reihe von Obertönen deutlich und kräftig den Grundton begleiten, was dem Klange die schärfere, geigenähnliche Farbe giebt. Gerade diese Aehnlichkeit zwischen dem S-Laute und einem der höchsten Töne der Geige, namentlich wenn dieser etwas unrein gestrichen wurde, zu constatiren, hatte ich im Theater und Concerten öfters Gelegenheit. Danach findet sich hier ausgeprägt ein acustisch ganz interessanter Uebergang von den betreffenden Tönen der Geige zu denen der Flöte und zur menschlichen Sprache. Dass durch stärkeres Anblasen der Flötenpfeifen der Ton beträchtlich in die Höhe geht, und dass dieses auch beim S-Laute der Fall ist, habe ich schon oben erwähnt.

Die übrigen selbsttönenden und tonborgenden Consonanten entziehen sich mehr oder weniger einer eingehenden Besprechung ihrer

*) l. c., pag 151.

Klangfarbe, nur der Sch-Laut lässt sich selbständiger analysiren, wenn man seiner Entstehung folgt. Da er 3 Töne in schön harmonischer Zusammenstellung (umgekehrter Dreiklang) hören lässt, so kann man seinen Klangcharacter als den Tönen der Aeolsharfe analog hinstellen. Die verschiedenen harmonischen Theiltöne entstehen bei dieser ja bekanntlich, indem der Wind gleichgestimmte Saiten an verschiedenen Stellen trifft und in aliquote Schwingungen versetzt. Auch die Töne des Sch-Lautes entstehen dadurch, dass der Wind in der Mundhöhle zwei Engen passirt und sich dann ein dritter, zu diesen in harmonischem Verhältniss stehender Ton, als Ausdruck stärkerer Resonanz der bezüglichen Mundabtheilung bildet.

Die Tonstärke der Sprachlaute.

Es erübrigt noch, das für die practische Verwerthung des vorliegenden Werkes wichtige Verhältniss der Tonstärke der einzelnen Sprachlaute zu einander festzustellen; es werden sich daraus, in Verbindung mit der eben besprochenen Definition der Tonhöhe und der Klangfarbe. vielleicht manche Aufklärungen über den Text zu musicalischen Compositionen und über die angemessene Verwendung der einzelnen Worte in demselben, sowie über die Thätigkeit des schallzuleitenden Apparates im gesunden und kranken oder defecten Zustande folgern lassen.

Natürlich lässt sich eine absolute Entfernung, bis zu welcher die einzelnen Sprachlaute noch hörbar sind, nicht feststellen, weil die Tonquelle des Sprechenden und das Gehör des Beobachtenden bei verschiedenen Menschen verschieden, und alle Schallwellen von dem Zustande der äusseren Luft, in welcher wir athmen, so abhängig sind.

Man hört zur Nachtzeit auf weit grössere Entfernungen als am Tage, weil unser Gehörorgan am Tage, durch mannigfaches Geräusch verleitet, seine Aufmerksamkeit theilt, und weil sich ferner am Tage in der uns umgebenden Luft eine grössere Menge der verschiedenartigsten Schallwellen kreuzen, als in der Stille der Nacht. Bei Koppe*) findet sich eine kleine Notiz, nach welcher eine kräftige Mannesstimme noch auf 800′ (251 Meter) Entfernung verstanden werden kann. Foster will sich zur Nachtzeit zu Port Bowen im nördlichen Amerika noch mit einem ¼ Meile entfernten Manne unterhalten haben. Da hier offenbar ¼ englische Meile gemeint ist, so entspräche dies einer Entfernung von etwa 1320 englische

*) Anfangsgründe der Physik von Karl Koppe. Essen 1858 bei Bädecker, pag. 270.

Fuss (402 Meter). Mir scheint diese Angabe Foster's nicht ganz genau zu sein; wenn man meine unten geschilderten Versuche dagegen hält, wird man leicht einsehen, dass eine ganze Reihe von Sprachlauten in so grosser Entfernung selbst zur Nachtzeit nicht mehr das Ohr anspricht. — Es kommt ferner viel auf die Windrichtung und die Umgebung, ob bergig oder eben, und auf den Standpunkt des Sprechenden an. Da die in dichterer Luft erzeugten Schallwellen eine grössere Intensität haben als diejenigen, welche in dünnerer Luft erzeugt werden, so hört man deutlicher von unten herauf dringende Laute als von oben herab Gesprochenes; es ist z. B. bekannt, dass Luftschiffer in beträchtlicher Höhe schwebend ihre eigene Stimme viel weniger intensiv vernehmen als auf der Erde.

Für unsere Zwecke ist es wesentlich, festzustellen, in welchem Tonstärkeverhältniss die einzelnen Sprachlaute zu einander stehen; hierzu zeigte mir die Methode, welche ich zur Prüfung der Hörweite Ohrenkranker anzuwenden pflege, den Weg. Ich lud Herrn Appunn und noch zwei Musikverständige ein, gegen Abend mit mir einen Spaziergang ins Freie zu machen, und zwar bei windstillem Wetter im Monat Mai vorigen Jahres. Darauf wählte ich als Versuchsort eine mit hohen Bäumen bepflanzte Chaussée, welche weithin ihre Aeste ausbreiteten, so dass sie eine Art Laubgang bildeten; zu beiden Seiten derselben war Wald. Die vorherrschende Windrichtung schnitt den Weg im rechten Winkel. Appunn suchte nun die einzelnen Sprachlaute in möglichst gleichmässig fortdauernder Tonstärke anzugeben, während er darin von dem einen ihm nahe bleibenden Musiker controlirt wurde; der andere Freund und ich entfernten uns darauf rückwärts gehend bis zu der Stelle, an welcher wir den hervorgebrachten Laut nicht mehr deutlich unterscheiden konnten, d. h. bis wir annehmen konnten, dass eine Verwechslung des gesprochenen Lautes mit einem anderen möglich wäre. Dann gingen wir wieder einige Schritte vorwärts und normirten die Entfernung, in welcher wir jenen Laut noch deutlich unterschieden. Zur Verstärkung der Laute, resp. zu deren Fortpflanzug mehr in gerader Linie, stellte Appunn die beiden Hände so gegen die Mundöffnung, dass sie eine Art Schallbecher bildeten: hierdurch wurde die Grenze der Hörbarkeit gegenüber der unbewaffneten Aussprache um etwa ein Drittel der Entfernung erweitert. Nach einigen Tagen wurden dann Controleversuche gemacht, welche im Wesentlichen das erste Resultat bestätigten. Es zeigte sich: 1) dass die Vocale die grösste Tonstärke haben, d. h. auf die weiteste Entfernung gehört und unterschieden werden, auf welche alle Consonanten bereits verschwunden sind,

2) dass zwischen den einzelnen Consonanten sehr beträchtliche Tonstärkeunterschiede vorhanden sind.

Es erklärt sich dies aus der Vollkommenheit des Instrumentes, welchem die Vocalklänge ihre Entstehung verdanken; hierdurch wird die Klangfarbe eine reiche, prächtige, die Töne sind voll, die einzelnen Schallwellen von grosser Regelmässigkeit und viel beträchtlicherer Amplitude (Wellenbreite), als die der Consonanten, weil jene einem sehr vollkommen und fein construirten Zungenwerke (dem Kehlkopfe), diese aber nur dem viel gröber construirten und ungenauer sich anpassenden Schliessen und Oeffnen der verschiedenen Mundtheile ihre Entstehung verdanken.

Die Vocalklänge

setzen sich meist aus mehreren schön harmonischen Obertönen zusammen, welche den Grundton begleiten, den Eigenton des Resonanzraumes der Mundhöhle verstärken. Ein geübter Musiker hört bei reinem Ansingen eines Vocalklanges, besonders des A, einen ganzen Accord, und Appunn machte mich während der Versuche noch besonders darauf aufmerksam, dass gerade in freier Luft, wo die Schallwellen recht präcis ausschwingen können, dieser Accord viel deutlicher hervortritt als im Zimmer. Die Consonanten sind, wie wir gesehen haben, theils viel ärmer an Obertönen, so kommt z. B. der B-Laut einem einfachen Tone sehr nahe, theils sind sie aber von sehr hohen und unharmonischen Obertönen begleitet, welche keineswegs zur Verstärkung des Grundtones geeignet sind, sondern ihn eher abschwächen. Hiervon macht nur der Sch-Laut, wie wir sahen, eine Ausnahme, wesshalb er auch von allen selbsttönenden Consonanten die relativ grösste Tonstärke besitzt.

Die Reihenfolge der Vocalklänge in der Tonstärke entspricht nun den im Verlauf dieser Arbeit schon mehrfach erwähnten acustischen Gesetzen. Wegen der dem Ohre günstigen Tonlage des Grundtones b^{II} und seiner zahlreichen harmonischen Obertöne hört man den Vocal A auf die grösste Entfernung. Nach Helmholtz*) (vergl. das Capitel „Künstliche Vocale") erhält man diesen Vocal künstlich mit Hilfe von Stimmgabeln, wenn man die Töne b, b^{I} und f^{II} mässig stark, dagegen b^{II} und d^{III} kräftig tönen lässt. Hier tragen also wesentlich 5 Töne zur Bildung des Vocalklanges bei, welcher von mir noch in einer Entfernung von 360 Schritt deutlich unterschieden wird.

Derjenige Vocal, welcher die wenigsten Obertöne enthält und die tiefe das Ohr wenig ansprechende Tonlage des Grundtones f hat, näm-

*) Tonempfindungen, pag. 188 fg.

lich das U, wird dagegen am schwächsten und nur bis zur Entfernung von 280 Schritt noch deutlich unterschieden. Auch Helmholtz bezeichnete ihn als den dumpfesten, klanglosesten der menschlichen Vocallaute; er konnte ihn ähnlich nachbilden, indem er den Grundton b stark tönen und den zweiten und dritten Partialton b und f^{II} schwach mittönen liess.

Der Vocal O, welcher zahlreiche schön harmonische Obertöne enthält, wird fast in gleicher Entfernung wie das A noch unterschieden, es hielt schwer, Differenzen in der Tonstärke dieser beiden Laute aufzufinden. In geringerer Entfernung, etwa auf 330 Schritt, hebt sich das E noch deutlich, und wieder um 30 Schritt näher, das I ab, welches zwar eine dem Ohre relativ günstige, hohe Tonlage des Grundtones, dafür aber sehr zahlreiche unharmonische Obertöne und den relativ kleinsten Resonanzraum hat.

Von den Diphtongen wird Ei am weitesten gehört, es tönt etwas stärker als E und etwas schwächer als A oder O, dagegen folgt das Eu erst dem Vocale I, und am schwächsten tönt Au, welches vor das U einzureihen ist.

Die Consonanten

ergeben folgende Versuchsresultate: Von allen Consonanten am schwächsten tönt der H-Laut, wenn er für sich, ohne Verbindung mit einem Vocallaute, hervorgebracht wird. In dieser Gestalt als einfach verstärkte Exspiration oder Hauch verschwindet er schon auf wenig Schritt Entfernung. Es erklärt sich dies leicht aus seiner früher erörterten Entstehungsweise; denn die Luft passirt bei seiner Bildung nirgends eine Enge, welche beträchtlich genug wäre, um das Ohr ansprechende Schwingungen zu veranlassen, welche als Ton unterscheidbar wären. Er wurde zu den tonborgenden Consonanten gestellt, weil er den Anlaut eines Vocales zu modificiren im Stande ist; hieraus ergiebt sich, dass er in Verbindung mit einem Vocale beträchtlich weiter unterscheidbar werden wird. Dennoch tönt er auch in dieser Form noch schwächer, als der B-Laut unter gleichem Verhältnisse. Denn diesem kommt schon ein selbständig definirbarer, wenngleich schwacher Eigenton zu, welcher dem H fehlt. Liessen wir die Silben Ha und Ba nacheinander ertönen, so wurde das Ba weiter unterschieden, als das Ha.

Der B-Laut, für sich allein selbsttönend hervorgebracht, wurde noch in einer Entfernung von 18 Schritten gehört. Die Tonschwäche des B-Lautes erklärt sich daraus, dass die weichen Lippen keinen intensiven Anschlag durch ihr Auseinanderschnellen bewirken können,

und dass der resultirende Ton als Ausdruck der ziemlich direct erzeugten Schwingungen des Resonanzraumes der Mundhöhle den sogenannten einfachen Tönen sehr nahe kommt, welche dumpf und klanglos sind.

Dieselben Gründe, welche wir für die Stellung des U in der Reihenfolge der Tonstärke aus der Definition seines Klangcharacters entnehmen konnten, drängen sich uns auch bei der Einreihung des R-Lautes auf. Je tiefer ein Ton, desto weniger spricht er das Ohr an. Das R hat als Grundton, welcher am stärksten hervortritt, oder wenn wir wollen als Grundtonstösse das $C^{-3} = 16$ Schwingungen in der Secunde und drei noch relativ tiefe Obertöne (abgesehen von den Geräuschen) C^{-2}, C^{-1}, C^{0}, welche sehr ungleich aber verhältnissmässig schwach mittönen. Daher wird das R linguale, trotzdem wir in der angegebenen künstlichen Darstellung mittelst Vibrationen der Zungenspitze eine gewisse Fertigkeit erlangt haben, nur schwach gehört und verschwindet in einer Entfernung von 41 Schritten.

Es folgen dem R in aufsteigender Linie in der Tonstärke jetzt zwei Laute, welche, weit verschieden vom R, unter sich manche Aehnlichkeit, besonders in der Klangfarbe, darbieten und wenige ziemlich unharmonische Obertöne haben, es sind der K- und T-Laut. Beide wurden ziemlich gleichmässig bis auf 63 Schritt unterschieden. Der T-Laut kommt zwar den einfachen Tönen ziemlich nahe, hat aber eine das Ohr weit mehr ansprechende Tonhöhe (vergl. das Capitel „Versuche mit gekrümmten Membranen“ im dritten Theile dieses Werkes). Er wird desshalb beträchtlich weiter gehört als der ihm sonst ähnliche B-Laut. Der K-Laut hat relativ günstige Entstehungsverhältnisse durch kräftiges Anschlagen der Zungenwurzel.

Der weiche und milde F-Laut wird etwas weiter gehört, als die beiden vorigen, nämlich auf 67 Schritt, wahrscheinlich weil der Hauptstrom seiner Schallwellen mehr direct durch den den F-Laut bildenden Exspirationsstrom (Windmitlaut nach Kempelen's Bezeichnung) dem lauschenden Ohre entgegen gebracht wird, während bei den durch Anschlag gebildeten Consonanten die Schallwellen, da ihnen der Druck der Exspiration nicht immer folgt, sich vom Munde aus mehr gleichmässig nach allen Seiten hin vertheilen. Wenn daher der Sprechende sein Gesicht dem Lauschenden abwendet und bald K, bald F ertönen lässt, so hört man bisweilen in der Entfernung von 63 Schritt sogar den K-Laut deutlicher, als den F-Laut.

Dass das S auf relativ weite Entfernungen und sehr beträchtlich weiter als die vorigen unterscheidbar sein wird, ergiebt sich einestheils aus der Betrachtung der Tonhöhe seines Grundtones, welcher das Ohr

gut anspricht, theils aus seiner scharfen, grellen Klangfarbe, besonders wenn es stark angegeben wird, endlich aus seiner Eigenschaft als Zischlaut. Dieser letzteren Eigenschaft verdankt es ja seine Fähigkeit, bei öffentlichen Handlungen als Ausdruck durchdringenden Misfallens zu dienen, andere Meinungen zu übertönen und zum Schweigen zu bringen. Wie diese seine Anwendung oft moralisch, so ist sein ganzer Laut-Character physicalisch unharmonisch. Der S-Laut wird noch in einer Entfernung von 170 Schritten deutlich unterschieden.

Wie in der Tonhöhe, so ist auch in der Tonstärke der Sch-Laut dem Vocale I verwandt und wird von allen Consonanten am weitesten gehört, weil er eine reiche und volle Klangfarbe hat, aus 3 harmonischen Tönen besteht, welche deutlich vorherrschen, während die unharmonischen Obertöne oder Geräusche mehr zurücktreten. Wir fanden, dass der Vocal I noch auf 300 Schritte gehört wurde; der zusammengesetzte Laut Sch wird auf 200 Schritte noch unterschieden.

Ich schliesse diese Reihe von Betrachtungen mit dem Tonstärkeverhältniss der beiden Resonanten des M- und N-Lautes. Ich kann hier kurz sein, weil ich gelegentlich der Definition dieser Laute ihren Klangcharacter genügend erörtert zu haben glaube. Sie sind Halbvocale oder Vocaltheile; es folgt daraus, dass sie in Verbindung mit Vocalen das Ohr beträchtlich ansprechen, während sie für sich hervorgebracht keinen Ton, sondern ein blosses Schnaufen, das Entströmen der Luft durch die Nasenhöhle hören lassen. Wenn der Sprechende die Worte: Mama oder Nana hervorbrachte, so wurden diese noch auf die Entfernung von 180 Schritt verstanden, entfernte sich der Lauschende weiter, so waren M und N nicht mehr zu unterscheiden, und in noch grösserer Entfernung hörte man blos den Vocal A. Helmholtz deutet dies Verhältniss gleichfalls an, wenn er sagt:*) „Bei recht stillem Wetter ist es interessant, von hohen Bergen herab die Stimmen der Menschen aus der Ebene zu belauschen. Worte sind dann nicht mehr erkennbar, oder höchstens solche, welche aus M und N und blossen Vocalen zusammengesetzt sind, wie Mama, Nein. Aber die in den gesprochenen Worten enthaltenen Vocale unterscheidet man leicht und deutlich. Sie folgen sich in seltsamem Wechsel und wunderlich erscheinenden Tonfällen, weil man sie nicht mehr zu Worten und Sätzen zu verbinden weiss."

*) a. a. O., pag. 118.

5. Wolfgang von Kempelen, Joseph Faber und die sprechende Maschine.

Nachdem ich im Vorigen die Ergebnisse der neuen acustisch-physiologischen Forschung geschildert habe, kann ich mir nicht versagen, dem Leser zu zeigen, wieweit man in der Darstellung der menschlichen Sprachlaute auf empirischer Grundlage bereits vorgedrungen war, und muss hier zuerst des ebenso seltsamen als geistvollen Mannes gedenken, welcher es sich zur Lebensaufgabe gemacht hatte, die physiologische Entstehung der Sprachlaute zu erforschen, um sie dann durch die Kunst der Mechanik möglichst getreu nachzubilden. Dieser Mann war der Professor Wolfgang v. Kempelen in Wien, welcher bereits im Jahre 1769 seine Bemühungen in der Erforschung der Sprachlaute begann und im Jahre 1791 das Resultat derselben in seinem berühmten Buche*) veröffentlichte. Der Inhalt dieses Buches sowohl als die Diction sind so auserlesen schön, dass ich wohl kein Ende finden würde und schliesslich das ganze Buch citiren müsste, wollte ich hier näher darauf eingehen. Doch will ich ein kurzes Referat aus demselben geben, weil nur noch sehr wenig Exemplare davon existiren, von welchen eines nur durch Zufall und leider auf sehr kurze Zeit in meine Händen gelangte.

Der erste Theil umfasst die Studien über die Entstehung der menschlichen Sprachlaute; manche derselben sind bereits von mir in früheren Capiteln citirt.

Die Stellung der Mundhöhle bei Aussprache der Vocale giebt Kempelen schon sehr richtig an. Erwähnenswerth ist, dass die Darstellung des Vocals I auch ihm gleich uns erhebliche Schwierigkeiten bereitete; ganz ähnlich wie Brücke beschreibt er dabei das Verhältniss der Theile des Mundes zu einander, wenn er sagt**):

„Bei dem I legt sich die Zunge mit dem mittleren Theile an den Gaumen an und breitet sich so aus, dass ihre zwei Ränder an die oberen Stockzähne anliegen, ihre Spitze aber ist vorne niedergesenkt und liegt an den unteren Schneidezähnen an. Der so an dem Gaumen angedrückte mittlere Theil der Zunge lässt zwischen sich und dem Gaumen nur eine ganz kleine dem Durchschnitt einer Linse ähnliche Oeffnung (Resonanzraum? Der Verf.). Die Lippen sind im dritten Grade offen.“

---

*) Der Mechanismus der menschlichen Sprache nebst Beschreibung einer sprechenden Maschine von Wolfgang v. Kempelen. Wien 1791.

**) l. c. §. 115, p. 207.

Im zweiten Theile schildert er dann die Entstehung und den Bau seiner sprechenden Maschine.

Er sagt dort*) u. A.:

„Eine sprechende Maschine zu erfinden und sie nach einem überdachten Plane ausführen zu wollen, wäre wohl einer der verwegensten Entwürfe gewesen, die je in eines Menschen Seele entstanden sind. Ehe ich zur Beschreibung der Sprechmaschine schreite, muss ich dem Leser das aufrichtige Geständniss machen: dass mir anfangs gar nicht in den Sinn gekommen ist, an einer solchen Maschine zu arbeiten. Als ich anfing, Versuche zu machen, war höchstens meine Absicht, einige Selbstlauter, einige Töne der menschlichen Stimme durch irgend ein Instrument nachzuahmen; an die Mitlauter, die mir gar zu schwer schienen, getraute ich gar nicht zu gedenken, und sie vollends mit den Selbstlautern zu verbinden, hielt ich für ganz unmöglich, ja ich war sogar mit den wichtigsten Lauten der Buchstaben im Einzelnen schon Jahre lang fertig, ehe ich die Möglichkeit nur von weitem einsah, sie je an einander zu hängen und dadurch Silben und Wörter hervorbringen zu können. Man wird aus dem Folgenden sehen, wie ich nur nach und nach, und zwar sehr spät auf den Gedanken gekommen bin: Es ist möglich, eine Alles sprechende Maschine zu machen."

Im Folgenden erzählt er dann die Geschichte der Maschine, dass er die verschiedensten musikalischen Instrumente schon vom Jahre 1769 an angefangen habe, darauf hin zu untersuchen, welches der menschlichen Stimme am nächsten komme. Er habe auch gewusst, dass schon seit langer Zeit, besonders in Frankreich, die sogenannte Menschenstimme (vox humana), die aus grösseren und kleineren Clarinetmundstücken besteht, in Orgeln angebracht war; diese habe aber nur sehr unvollkommen die Menschenstimme nachgeahmt und dabei ein betäubendes Getön verursacht. Nachdem er so alle Instrumente durchmustert, habe er endlich bei einer Kirchweih auf dem Lande einen Dudelsack gehört und denselben um jeden Preis an sich bringen wollen, aber nur ein Stück davon, ein kleines aus Rohr gemachtes Schnarrpfeifchen, welches der Mann noch bei sich gehabt, erworben, hiermit experimentirt und einige Selbstlauter dargestellt, indem er es mit einem gewöhnlichen Küchenblasebalg in Verbindung setzte. Hatte er es einem Zufall zu verdanken, dass er das Schnarrpfeifchen erwarb, so gelang

*) §. 210, p. 388.

es ihm weiter durch Zufall, von einem Orgelbauer ein halb fertiges Orgelwerk mit dreizehn Pfeifen zu erwerben, welches noch in Arbeit war und später in der Orgel die vox humana darstellen sollte. Kempelen sah ein, dass um den Character der verschiedenen Vocale nachzuahmen, ein der Mundhöhle ähnliches Ansatzstück an die Pfeife gesteckt werden müsse; denn die vorhandenen Pfeifen gaben alle nur ein mehr oder weniger deutliches A. (Vergl. den neuen Vocalapparat Seite 11.) Er liess sich daher ovale Büchsen aus Holz drehen, welche wie eine Mundhöhle aus einem oberen und unteren Theil bestanden, welche Theile man beliebig weit von einander entfernen oder nähern konnte; je nachdem er dies that, konnte er A, O, U bilden, bald auch ein undeutliches E, während I oder Ü ihm nicht gelang. Nach zwei Jahren erhaschte er das P, das M und das L, aber es gelang ihm nicht, zu erreichen, dass diese Laute so rasch, wie solches in der menschlichen Sprache geschieht, verbunden werden konnten; entweder es gab Pausen zwischen den Lauten, oder sie flossen in einander, so dass statt Papa = P-a-p-a, statt Aula = Ka-ku-kl-ka gehört wurde; beim P schlich auch ein kleiner Windstrom nach, so dass es wie Ph-a-ph-a lautete. Er sah daher ein, dass er dem Wege der Natur, die nur eine Stimmritze, nur einen Mund hat, mehr folgen und die verschiedenen Buchstaben in einem Instrumente vereinigen musste. Wieder vergingen mehrere Jahre in saurer Arbeit; endlich gelang es Kempelen, einen Kehlkopf nachzubilden, dessen vibrirender Theil durch eine sehr zarte Elfenbeinzunge dargestellt wurde, und nun das Ganze in einem Maschinenapparate zu vereinigen.

Die Theile seiner Maschine waren folgende:

1. Das Mundstück oder das Stimmrohr, das die menschliche Stimmritze darstellte.
2. Die Windlade mit ihren Klappen.
3. Der Blasebalg oder die Lunge.
4. Der Mund mit seinen Nebentheilen.
5. Die Nasenlöcher.

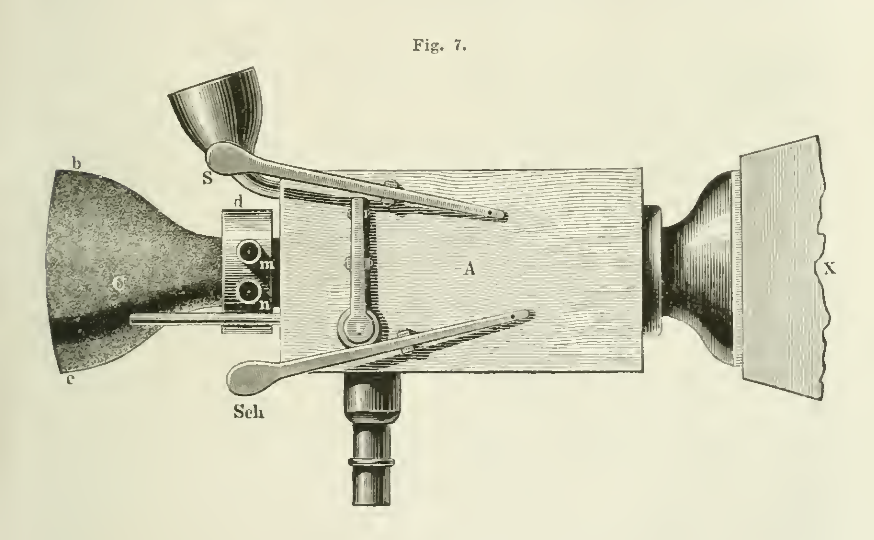
Das Stimmrohr hatte fast genau dieselbe Construction als in unsrem Vocalapparate die Fig. 2 des Resonanzkästchens mit der Zunge; der ganze Unterschied war der, dass die Kempelen'sche Zunge von Elfenbein, die unsrige von Metall ist, und dass ihr schwingender Theil durch ein auf ihr liegendes verschiebbares Stäbchen länger oder kürzer gemacht werden kann, wodurch tiefere oder höhere Töne entstehen. — Die Windlade entsprach unsrem Resonanzkasten, Fig. 1, in diese wurde das Stimmrohr gerade so wie in unsrer Fig. 2 das Resonanz-

kästchen hineingesteckt. In die gegenüberliegende Oeffnung der Windlade passte das Rohr des Blasebalges.

Der Mund mit seinen Nebentheilen bestand in der Maschine aus einem einer Flasche mit abgesprengtem Boden ähnlichen Hohlraume von Gummi, die Nasenlöcher stellten zwei Oeffnungen am Ansatzstück dieses Hohlraumes dar.

Fig. 7 zeigt die ganze Kempelen'sche Maschine. *A* ist die Windlade, *X* ein Theil des Blasebalges, *C* ist der den Mund darstellende Hohlraum von Gummi; bei *c* und *b* kann dieser durch Zusammendrücken mit zwei Fingern der linken Hand beliebig verengt werden; bei *d* erkennt man den aus der Windlade hervorragenden Theil des

Fig. 7.



Stimmrohres; bei *m* und *n* sind die Nasenlöcher. Die Klappen *S* und *Sch* führen zu zwei im Innern der Windlade angebrachten Ventilen, welche kleine pfeifenartige Vorrichtungen für die *S*- und *Sch*-Laute öffnen.

Die Klappe *r* ist für den gleichnamigen Consonanten bestimmt; sie ist durch ein sehr leicht bewegliches Stäbchen in Verbindung mit der Zunge des Kehlkopfes und macht ein rasselndes Geräusch dem R ähnlich, wenn sie eingeschaltet ist und wenn dann die Zunge dem Stäbchen ihrer Vibration mittheilt. Die Consonannten F, B, K, T konnte Kempelen selbst nicht für sich darstellen, er giebt aber schon ganz beherzigenswerthe Winke für ihre etwaige Darstellung mit Hilfe von künstlicher Zunge, Gaumen und Lippen.

Joseph Faber, geboren 1780 zu Rigel in Baden, Professor der Mathematik und später Calculator am Triangulirungsbureau in Wien, führte die Kempelen'schen Ideen weiter aus. Er verbesserte die Mechanik der Maschine durch Tasten, wendete mit viel Geschick den Kautschuk an zur Darstellung eines förmlichen Kehlkopfes, eines Mundes mit Zunge, Gaumen und Lippen. Auf diese Weise gelang es ihm, die Consonanten F, B, K, T zu erzeugen. Seine Maschine, welche er zuerst 1839 in Deutschland zeigte, erregte damals grosses Aufsehen. Sein Neffe Joseph Faber, geboren 1839 zu Wien, ein sehr talentvoller Mechaniker, brachte die Maschine zu einer grössern Vollkommenheit, aber alles auf rein empirischem Wege; er verbesserte den Vocal I, stellte den G-Laut dar, verbesserte den Sch-Laut und die Handhabung der Mechanik.

In ihrer nunmehr vervollkommneten Construction leistet jetzt die Maschine fast alles, was ein Ding ohne Seele zu leisten vermag. Sie spricht Silben, Wörter, ganze Sätze, und zwar deutlicher und dialectfreier als viele der belebten Sprechmaschinen, die uns Bühne und Tribüne zuweilen zu hören geben. Anmuthig ist freilich der Ton nicht, welcher aus der Frauenmaske hervorklingt, die sie sich als Aushängeschild vorgenommen hat. Denkt man sich den ganzen Chor einer Knabenschule, die am glücklichen Ende ihrer Syllabirstudien angekommen, zu einer Stimme concentrirt, oder vergegenwärtigt man sich die Sprache eines gut unterrichteten Taubstummen, welcher zwar die einzelnen Laute deutlich ausspricht, aber keine seelische Nuancen in seine Sprache zu legen vermag, so hat man ohngefähr den Character der Stimme der Maschine. Herr Joseph Faber und seine Gemahlin hatten die Güte, mir die einzelnen Theile und den Mechanismus der Maschine eingehend zu erläutern. Frau Faber spielt auf einer Art Tastatur, mit dem Fusse den Blasebalg in Bewegung setzend, und zwar mit einer Virtuosität, die so fleissige Studien voraussetzt, wenn auch anderer und eigenthümlicher Art, wie sie ein tüchtiger Pianist zu machen hat. Die nicht so leicht als die Claves eines Pianino zu spielenden Tasten setzen eine sehr complicirte Mechanik in Bewegung, welche die den menschlichen Organen in Holz und Kautschuk nachgebildeten Sprachwerkzeuge — Kehlkopf, Stimmritze, Zunge, Kiefer und Lippen — in den geforderten Dienst presst. Der Tasten sind im Ganzen vierzehn. Sie repräsentiren die fünf einfachen Vocale und die neun Consonanten L, R, W, F, S, B, D, G, Sch. Die Consonanten, für welche keine besonderen Tasten angebracht sind, werden theils durch Combinirung vorhandener, theils durch Verstärkung des Windstromes erzeugt.

Die Darstellung der sogenannten harten Consonanten P, K, T auf der Maschine durch Verstärkung der weichen B, G, D, sei es durch stärkeren Anschlag oder durch Pression des Windes, entspricht also ganz der von mir früher schon gehegten und in den vorigen Capiteln dargelegten Ansicht.*) Das M wird aus dem B und das N aus dem G in der Art dargestellt, dass die Taste für B oder G angezogen und unmittelbar darauf der Nasengang geöffnet wird. Für das nasale G existirt eine eigene zur Nasenöffnung führende schlauchartige Vorrichtung. Das F wird dargestellt, indem sich eine Art Gürtel, welcher einen Einschnitt wie eine Zahnlücke enthält, vor die Lippenöffnung herabschiebt (der Apparat hat nämlich keine Zähne) und nun der Wind durch diese Lücke strömt; zur Erzeugung des R dient ein im hinteren Nasenraum angebrachtes Flügelrädchen, welches ohngefähr 16 Umdrehungen in der Secunde macht, während die Stimmritze, mässig erweitert, etwas tönt; es kommt so ein mehr gutturales R zum Vorschein. Die Stimmbänder werden durch sehr zarte Elfenbeinplättchen gebildet. Die Maschine ermöglicht eine Steigerung oder Minderung der Stärke des Tones im Allgemeinen. Durch erweiterte Stellung der Stimmritze wird der Grundton der Stimme vertieft, durch verengte erhöht; daher kann die Maschine sowohl im Bass als im Sopran sprechen. Dagegen ist eine Modulation des Tones innerhalb des Satzes unmöglich. und diese Monotonie ist es wesentlich und vor Allem, welche die Sprache der Maschine von der menschlichen unterscheidet. Nach vielfach fehlgeschlagenen Versuchen ist es jetzt Herrn Faber auch gelungen, eine sogenannte singende Maschine zu construiren. Eine äusserst sinnreich erdachte, aber sehr subtile Mechanik ist im Stande, der Stimmritze der Maschine in jedem Augenblicke nach Wunsch eine andere Form zu geben; auf diese Weise kann eine Scala rasch wechselnder Töne gebildet werden.

---

*) Ich bemerke bei dieser Gelegenheit, dass ich die Faber'sche Sprechmaschine erst im Juli 1870 mitten in der Aufregung des Kriegslärms, als ich bereits an der Correctur des vorliegenden Buches arbeitete, zu Gesicht bekommen habe.

6. Rückblick.

Damit man das Resultat der musicalischen Definition der Sprachlaute besser übersehen kann, füge ich hier zunächst zwei Schemata der Sprachlaute bei, wie sie die vorliegenden Untersuchungen festge-

Schematische Darstellung

des Tonhöheverhältnisses und der Schwingungszahlen der selbsttönenden Sprachlaute.

Sprachlaut	Tonhöhe der vorherrschenden Töne	Nummern der Töne auf dem Obertöneapparat	Entspricht einer Saite, welche in der Secunde Schwingungen macht	Bemerkungen
R	$c^{-3} + c^{-2} + c^{-1} + c^{0}$	1 + 2 + 4 + 8 *)	16. 1 = 16 16. 2 = 32 16. 4 = 64 16. 8 = 128	*) Für den R-Laut und für die Bezeichnung der Tonhöhe des Vocales U gilt der grosse Obertöneapparat mit dem Grundton 1 = 16 Schwingungen in der Secunde; bei den übrigen Lauten gilt der andere Obertöneapparat mit dem Grundton 1 = 32 Schwingungen in der Secunde.
U	f^{0}	11 *)	11.16 = 176	
B	e^{I}	10	10.32 = 320	
O	b^{I}	14	14.32 = 448	
K	d^{II} — d^{III}	18 — 36	18.32 = 576 36.32 = 1152	
T	fis^{II} — fis^{III}	22½ — 45	22½.32 = 720 45.32 = 1440	
F	a^{II} — a^{III}	27 — 54	27.32 = 864 54.32 = 1728	
A	b^{II}	28	28.32 = 896	
Ö	cis^{III}	34	34.32 = 1088	
Ü	g^{III} — as^{III}	48 — 51	48.32 = 1536 51.32 = 1632	**) Entspricht nur nahezu dem c^{IV} anderer Instrumente.
E	b^{III}	56	56.32 = 1792	
S	c^{IV} **) — c^{V}	63 — 126	63.32 = 2016 126.32 = 4032	***) Die Perceptionsgrenze für höchste Töne überhaupt für unser Ohr bildet ein Ton von 10240 Schwingungen in der Secunde.
I und J	d^{IV}	72 ***)	72.32 = 2304	
Sch	$fis^{IV} + d^{IV} + a^{III}$	90 + 72 + 54	90.32 = 2880 72.32 = 2304 54.32 = 1728	

stellt haben. Das eine stellt ihre Reihenfolge in der Tonstärke, das andere die Reihenfolge in der Tonhöhe ihres Grundtones und dessen Schwingungszahlen dar.

Schematische Darstellung

des Tonstärkeverhältnisses der Sprachlaute.

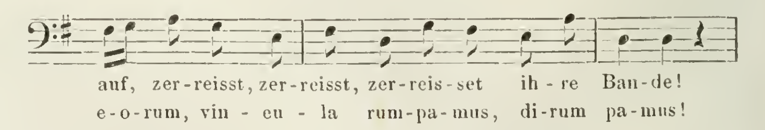
Sprachlaut *)	Wird noch deutlich unterschieden in einer Entfernung von Schritten	Bemerkungen
A	360	*) Im Freien in einer Allée zur Nachmittagszeit gemessen.
O	350	
Ei **)	340	**) Klingt meist wie Ai.
E	330	
I	300	
Eu	290	
Au	285	
U	280	
Sch	200	
M und N ***)	180	***) In Verbindung mit dem Vocale A.
S	175	
F	67	
K und T	63	
R ****)	41	****) Das Zungenspitzen-R für sich.
B	18	
H *****)	12	*****) Für sich als verstärkter Hauch.

Hiernach zeigen sich die Grenzen der menschlichen Sprache auch arithmetisch einigermassen bestimmbar; letztere reicht vom R als tiefsten Laut beginnend mit 16 Schwingungen in der Secunde, bis zum S als höchsten mit eventuell 4032 Schwingungen. Musikalisch ausgedrückt beginnt ihr tiefster Ton mit dem Subcontra-C oder C^{-3} und endigt ihr höchster mit annähernd dem C^{V}; sie umfasst also 8 Octaven. In diesen Grenzen wechseln Vocale und Consonanten in der mannigfachsten Modification von Tonstärke und Klangfarbe. Je nachdem die Tonverhältnisse der Sprachlaute sich melodisch und harmonisch gruppiren lassen in den einzelnen Sprachen der Völker, so finden wir diese Sprachen mehr oder weniger für die Harmonieen im Gesang geeignet. Unsere deutschen Sänger und Sängerinnen ziehen gern den italienischen oder lateinischen Text eines Musikstückes dem deutschen vor, weil in jenem die Reihenfolge der Consonanten und Vocale eine viel einfachere und mehr melodische Abwechslung bietet als in diesem, in welchem sich die Consonanten in manchen Worten ausserordentlich drängen und häufen. Auf diese Weise häufen sich auch die vielen unharmonischen Obertöne einiger Consonanten an einer Stelle so, dass es dem Sänger nicht ausreichend gelingt, den Ton, auf welchem er die Silbe singen soll, gegenüber den starken und unharmonischen Obertönen, welche das Wort des Textes begleiten, genügend hervortreten zu lassen. *)

Zufällig hatte ich mehrmals Gelegenheit, zu gleicher Zeit deutschen, französischen und italienischen Text von Sängern dieser drei Nationen, welche in einer Oper sangen, zu hören und Vergleiche über das Harmonische und Unharmonische dieser Sprachen anzustellen. Im Französischen und Italienischen werden die s. g. weichen Consonanten viel

---

*) Als einziges Beispiel möge der Theil eines Chores aus dem Händel'schen Oratorium Messias hier eine Stelle finden. Der Chor beginnt mit den Worten: „Auf zerreisset ihre Banden", im Weiteren heisst es dann wie die hier folgende Stimme für Bass zeigt: „Auf zerreisst, zerreisst, zerreisset ihre Bande!"



Ein Jeder wird sogleich hören, dass der lateinische Text diese Häufung von Z, R, Ss und T vermeidet, und dass die ganze Stelle viel lieblicher klingt wenn es heisst: Eorum vincula rumpamus, dirumpamus! Es wechseln hier Consonanten und Vocale in schön harmonischer Folge.

häufiger gebraucht als die sogenannten harten. Im Gesang werden diese viel weniger leicht absichtlich oder absichtslos überhört werden können als jene, welche vermöge der geringeren Tonstärke und weicheren Klangfarbe geringer hervortreten. So wird z. B. das K im Italienischen viel seltner gebraucht als im Deutschen; das G oder Gg klingt zweifellos milder und angenehmer, als das harte hölzerne K.

Wir haben in dem Sch-Laute einen schön harmonischen Dreiklang kennen gelernt und finden nun, dass dieser Laut im Italienischen und Französischen viel häufiger gebraucht wird als im Deutschen; selbst die Art der Aussprache dieses Lautes ist milder und weniger rauh im Italienischen als im Deutschen. Dagegen zeigt die deutsche Sprache sich in vieler Beziehung markiger und kräftiger, ausdrucksvoller, als die italienische und französische. Dass die romanischen Sprachen für den Gesang so trefflich geeignet sind, entspricht der natürlichen musikalischen Anlage und der durchgängig ausgeprägten Vorliebe für Musik, welche wir bei den Völkern des europäischen Südens finden. Je weiter wir von Mitteldeutschland aus nach Süden gehen, desto mehr Musik werden wir das Volk produciren hören und zwar ziemlich gleichmässig von allen Schichten desselben, während nach dem Norden zu in der kälteren, ernsteren Natur auch der Sinn für Musik weniger ausgeprägt erscheint und diese in vielen Gegenden des Nordens fast lediglich Eigenthum der Gebildeten wird. Ich schliesse diese Betrachtungen mit der Hoffnung, dass sich noch manche interessante Eigenthümlichkeiten des Textes von Tonwerken mit Hilfe der vorliegenden Definition des Klangcharacters der Sprachlaute von Fachmusikern auffinden lassen werden.

Wenn ich mit den Untersuchungen der Sprachlaute hier vorerst abschliesse, so bin ich mir bewusst, dass ich das Verhältniss der menschlichen Sprache zur Musik noch nicht erschöpfend klar gestellt habe. In umfassender Weise Musik und menschliche Sprache nach physicalischen Gesetzen zu studiren und hierauf ein festes unantastbares System zu gründen, — ein so erhabenes Ziel zu erreichen, dazu wäre die kurze Spanne Zeit, welche dem Menschenleben für emsiges Arbeiten und Schaffen zugetheilt ist, zu kurz. Ich musste mich damit begnügen, das bis hierher Gefundene für die Physiologie und Pathologie des Ohres practisch anzuwenden, doch hoffe ich, dass, angeregt durch die vorliegenden Untersuchungen, sachkundigere Vertreter der beiden Wissenschaften auf dem angebahnten Wege zur Erforschung der Sprachlaute weiter bauen werden. Wenn der Leser nach dem practischen Werthe der vorliegenden Untersuchungen fragt, ob und welchen Nutzen ich für die leidende und auch für die gesunde Menschheit erhoffte, so mag

wohl auf den ersten Blick für den Kranken kein bestechender Heilplan darin zu erkennen sein. Dennoch bin ich überzeugt, dass jeder Versuch, welcher auf richtiger naturwissenschaftlicher Basis unternommen wird, ein der Menschheit nutzbringendes Resultat liefert, wenn es auch anfänglich in seinen Consequenzen ganz klein erscheint.

Steht es einmal fest, dass der ganzen menschlichen Sprache bestimmte mathematisch nachrechenbare Tonverhältnisse zu Grunde liegen, so wird es Sache der Technik sein, diese theoretisch gefundenen Resultate in ein brauchbares Gewand zu kleiden. Nicht gern betrete ich das Gebiet der Hypothesen. Man kann mit Hypothesen sehr geistreich sein, man kann auch anregend auf den Leser wirken, aber ein Körnchen experimentell auf physicalischer Grundlage gefundener Wahrheit nützt der Menschheit länger, sicherer und reeller, als ein ganzes Buch voll geistreichen Zeitvertreibes. Wenn ich nun nichtsdestoweniger hier noch Einiges hinzufüge, welches an das Gebiet der Hypothesen streift, so geschieht es nur aus dem Grunde, um Andere zur Nachuntersuchung anzuregen, sie vielleicht auch zu veranlassen, mit ihrer technischen Kunst des Stubenforschers theoretische Winke dereinst der Menschheit nutzbar zu machen. Der geniale Tonsetzer wird sicherlich zunächst nicht besser componiren, wenn er weiss, dass die Consonanten jetzt nicht mehr unbestimmbare Geräusche sind, er wird das Libretto auch fernerhin mit seinem Genie mehr fühlend als rechnend verarbeiten; denn der Meister der Tonkunst lässt seine Gedanken frei wie die Lerche in der Luft und nicht gefesselt von den Staubmolecülen des Erdballes schweben; immerhin aber wird es ihm interessant sein, darüber nachzudenken, wesshalb sein Ohr im Momente des Schaffens ihm sagte: dies und kein anderes Wort passt in deine Harmonieen; es weckt, es erhebt und veredelt die natürliche Harmonie, welche die Sprache des Menschen schon beseelte, wenn das Wort in Verbindung tritt mit der Sprache der übrigen Natur, wenn es vereint und verstärkt und getragen durch die Tonkunst zum Aether emporschwebt.

Vielleicht gewinnt das scheinbar todte und ausdruckslose Hämmern des Telegraphen ein anderes Leben, wenn es der Zukunft gelingt, die Laute der menschlichen Sprache den Erdball umkreissen zu lassen, wenn das Reiss'sche Telephon, welches sicher noch einer weiteren Ausbildung fähig ist, dazu benutzt werden könnte. Die einzelnen Laute der Sprache sind ja nicht so zahlreich; kennt man sie nur eingehend und kann sie nach arithmetischen Gesetzen berechnen, dann wird gewiss auch die Technik Instrumente erfinden, um sie mittelst des electrischen Funkens weiter zu tragen.

Der nächste practische Nutzen, welcher sich aus der im Vorliegenden geschehenen Gliederung der Sprachlaute ergab, wird im Folgenden leicht ersichtlich sein. Gar manche auffallende Perceptionsresultate bei defectem Gehörorgane finden ihre Erklärung in der Verschiedenheit der Tonstärke, Tonhöhe und Klangfarbe der einzelnen Sprachlaute; aber auch für die physiologische Thätigkeit des schallzuleitenden Apparates lieferten mir die physicalisch-acustischen Versuche werthvolle Anhaltspuncte. Dadurch, dass die einzelnen Laute etwas präciser mathematisch und musikalisch definirt wurden, war es möglich, auch dem Trommelfell, den Gehörknöchelchen, den Binnenmuskeln des Ohres und der Eustachi'schen Röhre eine etwas bestimmtere mehr abgegrenzte Thätigkeit im Einzelnen anzuweissen, aus dem Ineinandergreifen dieser Einzelwirkungen die Gesammtthätigkeit des schallzuleitenden und verstärkenden Apparates näher zu präcisiren und in ihm einen Wegweisser und Führer zum Gebiete des Labyrinthes zu finden.

ZWEITE ABTHEILUNG.

PATHOLOGISCHER THEIL.

DAS DEFECTE MENSCHLICHE GEHÖRORGAN UND SEINE EMPFINDUNGEN.

Erster Abschnitt.

Die Entstehung der Verluste an Trommelfell und Gehörknöchelchenkette, ihr Verlauf und ihre Diagnose.

Am Schlusse des ersten Theiles habe ich den nächsten Zweck desselben bereits angedeutet. Ich werde nämlich die eigenthümlichen Erscheinungen in der Auffassung der Sprachlaute, wie sie Ohrenkranke darbieten, welche Verluste am Trommelfell allein oder in Verbindung mit Hammer und Ambos erlitten haben, mit Hilfe der im ersten Theil erläuterten acustisch-physicalischen Eigenschaften der Sprachlaute einer Erklärung näher zu führen suchen. Ich glaube nun dem Leser eine kurze Darstellung und Erklärung derartiger Verluste um so mehr schuldig zu sein, als bisher in der Litteratur keine zusammengefasste Schilderung aller einschlägigen Verhältnisse existirt, und meine Beobachtungen der Entstehungsweise und des Verlaufes dieser Verluste mir manches von den bisherigen Ansichten Verschiedene gelehrt haben. Dass ich mich in einzelnen Theilen dabei sehr allgemein hielt, um dem verschiedenartigen Leserkreis, welchen ich für diese Arbeit erhoffe, verständlich zu bleiben, werden mir die Specialcollegen verzeihen; dass ich andrerseits bei den Fragen, über welche ich von den in der bisherigen Speciallitteratur aufgezeichneten abweichende Beobachtungen gemacht habe, länger verweilte, bitte ich die übrigen Leser mir nachzusehen.

Wesshalb ich den pathologischen Theil dem physiologischen voranschickte, habe ich bereits in der Einleitung erörtert, denn ich musste bei der Begründung mancher die normalen Functionen des Ohres be-

treffenden Ansicht vielfach auf das Geschehen im kranken Ohre Bezug nehmen.

Das Trommelfell

ist bekanntlich eine den äusseren Gehörgang von der Paukenhöhle abschliessende Wand von grosser Zartheit, welche aus einer der äusseren Hautauskleidung des Gehörganges ähnlichen Schicht, aus einer mittleren Lage von elastischen Fasern und aus einer inneren von der Schleimhaut *) der Paukenhöhle dargestellten Ueberkleidung zusammengesetzt ist. Die Grössenverhältnisse der Membran unterliegen bei verschiedenen erwachsenen Individuen bemerkenswerthen Abweichungen. Die grössten Uebereinstimmungen zeigen die Messungen Hyrtl's und v. Tröltsch's, von denen der Erstere das Verhältniss der Länge zur Breite wie 4,3 : 4,0 Linien präcisirt, der Letztere aber den grössten Längendurchmesser von oben und vorn nach unten und hinten auf 9—10 Millim., den kleinsten Breitendurchmesser von unten und vorn nach oben und hinten auf 9,4 : 8,7 Millim. angiebt. In der mittleren elastischen Faserschicht ist der Handgriff des Hammers so von oben nach unten eingefügt, dass das Griffende bis zur Mitte der Membran reicht und diese nabelförmig nach Innen zieht. Es ergiebt sich aus dem Character der Membran als Scheidewand, dass Verluste an ihr entstehen können:

1) durch Schädlichkeiten, welche sie von Aussen treffen,

2) durch Schädlichkeiten, welche von der Paukenhöhle aus auf sie einwirken.

a. Verluste durch äussere Schädlichkeiten.

Bei weitem die geringere Zahl von bleibenden Verlusten am Trommelfell entsteht durch Einwirkung äusserer Schädlichkeiten und vielleicht sehr wenige durch selbständige isolirte Erkrankungen der Membran. Directe Verletzungen der Membran durch Stich, Stoss, Schlag oder Knall bewirken gewissermassen eine acute Perforation; Entzündungen der Hautauskleidung des äusseren Gehörganges, fortgepflanzt auf das Trommelfell, bewirken eine mehr allmälige Lücken-

*) Ich behalte hier und im Folgenden die Bezeichnung „Schleimhaut" für die Auskleidung der Paukenhöhle bei, obwohl ich der Ueberzeugung bin, dass diese sowohl ihrem anatomischen Character als der Art ihrer pathologischen Veränderungen nach zum grösseren Theil als „Serosa" aufzufassen ist. Ich finde mich hierbei in Uebereinstimmung mit v. Tröltsch, Lehrbuch der Ohrenheilkunde, 4. Aufl., pag. 146, Toynbee, Krankheiten des Gehörorgans, deutsch von Moos, pag. 225 und E. Zaufal, Archiv der Ohrenheilkunde, B. V, pag. 39.

bildung, indem sie die Dermoidschichte desselben entzündlich erweichen, auflockern und so in ähnlicher Art zur Geschwürsbildung und schliesslichen Perforation der Membran führen, wie man dies bei Verschwärungen der Hornhaut des Auges, welche auch sonst manche Analogie mit dem Trommelfell darbietet, nicht selten zu beobachten Gelegenheit hat. Wollen wir den Vergleich noch weiter fortspinnen, so können auch Perforationen des Trommelfelles von umschriebenen Entzündungsheerden in der Membran selbst ausgehen, welche eitrig zerfallen und nach Aussen oder Innen durchbrechen, ganz ähnlich, wie dies bei der Hypopion keratitis zu geschehen pflegt.

Wie schon angedeutet, führt aber diese Art selten zu bleibenden Substanzverlusten, denn die Regenerationskraft der Membran ist so gross und der Blutkreislauf bei dieser Art so thätig, dass sobald die Spannung und entzündliche Schwellung der Theile vorüber ist, sich schnell die Oeffnungen schliessen. Bei den in neuerer Zeit wieder vielfach unternommenen künstlichen Verletzungen des Trommelfelles zu therapeutischen Zwecken hat man reichlich Gelegenheit, diese Erneuerungskraft der Membran zu bewundern. Einfache linienförmige Einrisse, wie sie öfters bei Artilleristen durch Einwirkung des plötzlich verstärkten Luftdruckes oder bei Schülern durch directen Schlag auf das Ohr mittelst der Einwirkung von Ohrfeigen vorkommen, heilen häufig in kürzester Zeit von selbst, und es zeigt sich dann später meist nur eine lineare Narbe, welche an sich keine merkliche Hörstörung veranlasst. Bei directer Verletzung des Trommelfelles, wie sie z. B. mit dem stumpfspitzen Ende der Federhalter oder mit Haarnadeln und anderen unpassenden Ohrlöffeln, oder bei ungeschickten Versuchen, fremde Körper aus dem Ohre zu entfernen, zu Stande gebracht werden, zeigen sich mehr sternförmige oder lappige Wunden, welche meist ausgedehnte Narben oder sogar deren Verwachsung mit der gegenüberliegenden Paukenhöhlenwand bedingen. Im letzteren Falle sind oft sehr beträchtliche Hörstörungen die Folge.

Bleibende Trommelfelllücken werden bei dieser ganzen Gruppe später beobachtet, entweder wenn die Verletzung einen sehr grossen Theil der Membran direct zerstörte, oder die nachfolgende Entzündung und Eiterung lange anhielt, durch Fortpflanzung der Entzündung auf die übrige Schleimhaut der Paukenhöhle auch hier Eiterbildung veranlasste, und so die Oeffnung im Trommelfell durch lippenförmige Ueberhäutung der Wundränder zur Fistelöffnung sich ausbildete, weil durch letztere fortwährend der gebildete Eiter sich seinen Ausweg suchen musste. Unter lippenförmiger Ueberhäutung versteht man nämlich eine

Verwachsung von äusserer Haut und Schleimhaut an solchen Stellen, wo naturgemäss keine Vereinigung dieser zwei Häute stattfinden sollte, mit Bildung einer Oeffnung, wie solche in ähnlicher Weise die Lippen oder andere Oeffnungen unseres Körpers zeigen, wo Schleimhaut und äussere Haut angrenzen und in einander übergehen. Aus dem Begriff der lippenförmigen Fistel erhellt, dass von einer abgeschlossenen Höhle aus längere Zeit Secret sich eine Oeffnung suchen musste und diesen Weg allmälig erweitern. Wäre also in der Paukenhöhle kein zu reichliches Secret und befände sich die Eustachische Röhre unter normalen Verhältnissen als Abflussrohr, so würde eine Eiterung, welche im äusseren Gehörgang allein entstände, selbst wenn das Trommelfell perforirt wäre, nicht lange im Stande sein, diese Oeffnung vor Verschluss zu bewahren, sofern nämlich der äussere Gehörgang vollständig frei wäre und dem Eiter den Abfluss gestattete. Dies ist aber nicht immer der Fall. Bei einigermassen engem und etwas stärker winklig verlaufendem Gehörgange verlegen sehr oft massenhaft abgestossene Epidermislagen, wie solches nach acuter Entzündung dieses Ganges eintritt, oder Granulationen, welche in das Lumen ringförmig hineinwuchern, oder endlich polypöse und andere Neubildungen, dem in den abschüssigen Theilen des Ganges gebildeten Eiter den Weg nach Aussen; dieser zersetzt sich, wird übelriechend, reizt von Neuem, arrodirt das Trommelfell und bricht dann in die Paukenhöhle ein. Nicht selten sind grosse Trommelfelldefecte die Folge von derartig vernachlässigten Entzündungen des äusseren Gehörganges.

b. Verluste erzeugt durch Schädlichkeiten, welche von der Paukenhöhle aus auf das Trommelfell einwirken,

sind dagegen viel häufiger.

Der mechanische Grund für die Perforationen von Innen heraus ist bei allen Formen derselbe: schleimig-eitriges oder rein eitriges Secret, in der Paukenhöhle in abnormer Menge gebildet, sucht sich durch das Trommelfell seinen Weg nach Aussen, wenn der natürliche Abflusscanal, die Eustachi'sche Röhre, ihm diesen gar nicht oder nicht hinreichend gestattet. Eine ganze Anzahl von Trommelfelllücken des Kindesalters datirt ihre Entstehung schon aus den ersten Tagen nach der Geburt der Kinder.

Während des Fruchtlebens ist die kindliche Paukenhöhle mit einer gallertigen, sulzigen Masse ausgefüllt, welche normaler Weise bald nach der Geburt resorbirt wird, wenn bei den Saug- und Athembewegungen die Schlingmuskeln und mit ihnen die Tubenmuskeln

ihren Dienst antreten, das Rachenende der Tuba erweitern helfen und die Communication zwischen Paukenhöhle und äusserer Luft herstellen. Sind nun diese Bewegungen nicht ausgiebig genug zur Herstellung der Ventilation, oder ist das das Rachenende der Tuba verklebt, so wird das die Paukenhöhle ausfüllende Schleimgewebe pathologische Umwandlungen erleiden; denn der beginnende Rückbildungsprocess bedarf der Einwirkung der atmosphärischen Luft, wie sie die Tubenventilation zuführt, um normal zu verlaufen. Das wegen Abschlusses der Luft pathologisch umgewandelte Schleimgewebe wird aber in solcher Gestalt als fremder Körper auf die Schleimhaut der Paukenhöhle einen fortwährenden Reiz setzen. Es folgt hierauf entweder interstitielle Bindegewebswucherung und schliesslich Sclerose und Rigidität der zarten Auskleidung der Paukenhöhle und des Ueberzuges der Gehörknöchelchen, Verlust ihrer Schwingungsfähigkeit, und es entsteht so wahrscheinlich diejenige Form von Taubheit und in Folge dessen Taubstummheit, bei welcher man bei einer späteren Untersuchung das Trommelfell intact oder nur wenig sehnig grau getrübt vorfindet, — oder es kommt zur Umwandlung des fötalen Schleimgewebes in Eiter mit gleichzeitig vermehrter Absonderung der Paukenhöhle, Druck auf das Trommelfell und Durchbruch des Eiters nach Aussen, gewöhnlich am vorderen, unteren Quadranten des Membran. So ensteht meist die Form des Ohrenflusses, von der die Eltern behaupten, „das Kind habe sie mit auf die Welt gebracht".

Die zweite grosse Gruppe der Trommelfellperforationen entsteht in dem Höhestadium der acuten Hautkrankheiten des kindlichen Alters; es scheint das Ohr während dieser Zeit ganz besonders zur acuten Entzündung disponirt, sei es nun, dass diese von der Rachenschleimhaut, welche, wie bekannt, bei Scharlach, oder von der Nasenschleimhaut, welche bei Masern vorwiegend ergriffen ist, ausgeht, um sich von der Eustachi'schen Röhre auf das Mittelohr fortzupflanzen, — oder dass das Mittelohr selbständig erkrankt und der dort gebildete Eiter zum Durchbruch nach Aussen neigt. Wenn die verhältnissmässig geringe räumliche Ausdehnung der Nase und des Nasen-Rachenraumes, welche wir bei vielen Kindern bis gegen das 11te Lebensjahr hin finden, bei mässiger entzündlicher Schwellung der Theile schon leicht Athemnoth bedingt, so muss auch die vorzugsweise durch die Nasengänge vermittelte Ausgleichung des Luftdrucks in der Paukenhöhle in solchen Fällen oft ungenügend, daher die Disposition zu entzündlicher Erkrankung des Mittelohres eine erhebliche sein. Eine dritte weit kleinere Gruppe von bleibenden Lücken ist die Folge vernachlässigter selbstständiger

Catarrhe der Paukenhöhle in den verschiedenen Lebensaltern, welche zuerst acut oder subacut entstanden, allmählig zu andauernder schleimig-eitriger Secretion in der Paukenhöhle und Persistenz der Lücke im Trommelfell führten. Als weniger bekannt und häufig dürfte wohl die Entstehung aus durch Tubacatarrh bedingtem zeitweisem Verschluss dieser Röhre, Stauung des Secretes in der Paukenhöhle und schliesslich Durchbruch durch das Trommelfell nach Aussen sich darstellen. Ich beobachtete mehrere derartige Fälle, wo trotz wiederholter Lufteintreibung das Secret nicht aus der Paukenhöhle zu entfernen war und schliesslich sich selbst den Ausweg durch das Trommelfell öffnete.*)

Der Verlauf.

dieser Erkrankungen ist unendlich verschieden, je nach Ursache und Form, Alter, Allgemeinbefinden und vor Allem nach der Behandlung.

Eine Reihe von kleineren Trommelfelllücken schliesst sich, sobald die Schleimhaut der Paukenhöhle nach Ablauf des Catarrhes zur Norm zurückzukehren beginnt, vorausgesetzt, dass noch keine lippenförmige Ueberhäutung der Perforationsränder zu Stande gekommen ist. Wie bei Catarrhen anderer Höhlen verliert das Secret allmählig seine eitrige Beschaffenheit, wird mehr schleimig, dabei aber oft viel reichlicher als während der Eiterung; gleichzeitig scheint die Passage durch die Eustachi'sche Röhre wegen Abschwellung ihres Ostium tympanicum freier zu werden und dem Secret einen natürlichen Abfluss zu gestatten, welches dann nach und nach auf seine normale Menge herabsinkt. An Stelle der Lücke im Trommelfell zeigt sich jetzt Narbenansatz, dessen junges Bindegewebe sehr rasch seine Metamorphosen durchmacht und entweder als sehr dünne, durchsichtige, meist eingesunkene Narbe mit breitem Lichtreflex constant bleibt, oder es schliesst der Process damit ab, dass sich im Stadium der Abheilung kalkige Einlagerungen von weisser oder gelblich weisser Farbe zu bilden beginnen, welche zuweilen früher in den übrigen Theilen der Membran als in der Narbe erscheinen; man kann daher einen baldigen Verschluss der etwa noch vorhandenen Lücke erwarten, wenn solche Einlagerungen in den übrigen Theilen der Membran sichtbar werden. Da diese Form der Ausheilung mittelst Verkalkung oder Verkreidung auch in anderen elastischen Geweben, z. B. im Lungengewebe nach längerer Eiterung,

*) Später habe ich in ähnlichen Fällen die Paracentese des Trommelfelles selbst gemacht und nicht mehr gewartet, bis das Secret sich diesen Weg gebahnt hätte.

die gewöhnliche ist, so wird man später, wenn man klare, durchsichtige Narben und eine klare Membran vorfindet, auf eine vorangegangene Eiterung von kürzerer Dauer, wenn man aber kalkige Einlagerung in der Narbe und in der Membran findet, auf eine vorausgegangene Eiterung von längerer Dauer schliessen können.

Die Hörstörungen bei derartig geheilten Fällen sind sehr verschiedenartig, von kaum bemerkbarem Grade bis zu grosser Schwerhörigkeit; sie hängen hauptsächlich davon ab, ob sich während der Höhe der Eiterung pathologische Veränderungen an der Gehörknöchelchenkette oder an den Fenstermembranen ausgebildet haben, welche die Schwingungsfähigkeit dieser Theile wesentlich beeinträchtigen; oder ob gleichzeitig mit dem Auftreten der Entzündung im Mittelohre eine Exsudation in die Hörnervenausbreitung erfolgte, welche nicht wieder vollständig rückgängig wurde; oder endlich ob der Nerv selbst secundär atrophirte, weil er lange Zeit der Anregung und des Reizes durch die Schallwellen von den Fenstermembranen aus entbehren musste. Diejenigen sehr interessanten Veränderungen der Auffassung, welche sich bei defectem, schallzuleitendem Apparate, bei welchem der Process ohne Störung der Schwingungsfähigkeit dieser Theile und ohne Erkrankung der Hörnerven abgelaufen war, ergeben haben, werde ich in den folgenden Capiteln eingehend zu analysiren suchen. Es erübrigt an dieser Stelle noch die Entstehung und den Verlauf derjenigen schweren Fälle, welche mit Verlust von Hammer und Ambos einhergehen, zu betrachten.

Ich bin durch zahlreiche Nachforschungen in der Annahme, dass derartige Defecte vorzugsweise als Folgen schwerer Allgemeinkrankheiten, besonders des Scharlachfiebers anzusehen sind, befestigt worden. Zur Erläuterung des Verlaufes füge ich hier ein Beispiel ein, welches wohl geeignet ist, manchen interessanten Aufschluss über diese Form zu geben.

Reinhold H., 8 Jahr alt, Locomotivführers Sohn aus Hanau, kam am 5ten Mai v. J. in meine Behandlung. Vor 5 Monaten in der Höhe der Scharlacheruption gegen den 8ten bis 9ten Tag der Erkrankung hin hatte er heftige Ohrenschmerzen mit Hirnreizsymptomen bekommen, welche auch nicht nachliessen, als gegen den 12ten Tag blutig seröse und später eitrige Flüssigkeit aus beiden Ohren herausfloss. Wenige Tage nachher stellten sich unter anhaltenden fürchterlichen Kopfschmerzen intensive Schüttelfröste ein und der Kranke bot das vollständige Bild der Pyämie. Im rechten unteren Lungenlappen war deutlich Dämpfung zu constatiren, welche vorn von der Höhe der Brustwarze nach hinten bis zur Mitte der Scapula reichte; an diesen Stellen war anfänglich schwaches, unbestimmtes Athmen, später gar

kein Athmungsgeräusch mehr hörbar (ich verdanke diese Notizen der Güte des Herrn Dr. Rehn in Hanau). Unter Zunahme der pyämischen Erscheinungen, welche durch grosse Dosen Chinin einigermassen gemildert wurden, bildete sich allmählig eine Vorwölbung in der Höhe der 5ten Rippe vorn unter der Brustwarze, welche deutlich fluctuirte und nach der Eröffnung eine grosse Masse Eiter entleerte, gleichzeitig scheint der Lungenabscess, um welchen es sich hier offenbar handelte, in einen grösseren Bronchus durchgebrochen zu sein, denn es wurden auch längere Zeit hindurch grosse Eitermengen ausgehustet. Gegen Ende des 4ten Monats schloss sich die Fistelöffnung und kehrten die Kräfte allmählig zurück, während periodische Schmerzen besonders im rechten Ohre, und sehr profuser Ausfluss aus beiden Ohren fortdauerten.

Bei der ersten Untersuchung am 5. Mai v. J. fand ich beide Gehörgänge mit übelriechendem Eiter angefüllt und geröthet. Im Grunde des rechten Gehörganges sah ich nach sorgfältiger Reinigung einen gelben Körper, welcher aus der röthlichen Umgebung sich deutlich abhob. Ich hielt denselben für den querliegenden Hammer. Linkerseits zeigte sich das Trommelfell in grosser Ausdehnung bis auf das obere Drittheil zerstört und ragte der Hammergriff frei in die Lücke, die sichtbare Schleimhaut der Paukenhöhle war stark geröthet und aufgelockert. Die Hörweite betrug auf diesem Ohre 8′ für einzelne laut gesprochene Worte und $\frac{1}{2}''$ für das Uhrticken. Rechts dagegen wurde die Sprache nur beim Anschreien, die Uhr beim Anlegen an die Ohrmuschel schwach gehört. Die Knochenleitung für die Uhr beiderseits vorhanden; die Stimmgabel $C^0 = 128$ Schwingungen in der Secunde wird vom Scheitel aus auf der rechten Seite sehr stark, auf der linken schwach gehört, vom äusseren Gehörgange aus dagegen rechts gar nicht, links deutlich percipirt.

Zwei Tage später erschien im Spritzwasser der gelbe Körper, welchen ich im Grunde des rechten Gehörganges gesehen hatte, es war nicht der Hammer, sondern der Ambos, dessen Körper glatt, glänzend und rein, wohl erhalten, dessen langer Schenkel aber vollständig cariös zerstört war. Im Gesichtsfeld erschien jetzt ganz deutlich der Hammergriff, aber etwas querstehend. 8 Tage später lag er noch schiefer, ich fasste den Griff leicht mit der Pincette, welches dem Kranken nicht den mindesten Schmerz verursachte, und liess dann einen Spritzenstrahl folgen, worauf der Hammer ausgespült wurde. Derselbe war in toto wohl erhalten, ganz weiss glänzend wie ein künstlich hergestelltes Präparat, nur an der der vorderen oberen Paukenhöhlenwand zugekehrten Fläche des Kopfes cariös, seine Gelenkfläche für den Ambos dagegen ganz glatt.

Der Ausfluss, welcher vor der Ausstossung der Knöchelchen sehr übelriechend war, nahm jetzt sehr rasch ab, die Hörweite besserte sich allmählig, besonders links. Im Gesichtsfeld rechts ist der obere Trommelfelltheil als sichelförmiger Streifen noch zu erkennen, die sichtbare Paukenhöhlenschleimhaut noch stark aufgelockert und geröthet; beide Tuben sind äusserst schwer durchgängig, sowohl beim Politzer'schen Verfahren als bei der Luftdouche mit dem Catheter. Der Kranke ist noch in meiner Behandlung.

Dass die Gefahr der Eiteraufsaugung durch die Venen des Paukenhöhlendaches und der nachfolgenden Pyämie in solchen Fällen eine sehr grosse ist, zeigt auch der vorliegende. Vergleiche ich diesen Fall mit ähnlichen acuten Mittelohrentzündungen, welche ich während schwerer Allgemeinkrankheiten zu beobachten Gelegenheit hatte, so glaube ich mich zu der Annahme berechtigt, dass ganz besondere im Blutkreislauf zu suchende Ursachen eine derartige acute Necrose der Gehörknöchelchen bewirken. Man findet in der Höhe der Infectionskrankheiten meist Neigung zu Blutstauung in Folge schwacher und unvollständiger Herzthätigkeit in den verschiedensten Organen. So führt Stauung in den unteren Theilen der Lungen zur sogenannten Lungenhypostase, in den Nieren zur Ausscheidung von Eiweiss oder selbst zu Nierendegeneration; oder es treten selbständige Oedeme, welche nicht von Nierenaffection herrühren, in den verschiedenen excentrischen Körpertheilen ein.

Während nun bei einfachen, ohne Allgemeinkrankheit einhergehenden, acuten Mittelohrentzündungen die normale Triebkraft des Herzens sehr bald die durch die Exsudation in die Gewebe gesetzten Widerstände in der Blutcirculation des Mittelohres überwindet, und die Paukenhöhlenschleimhaut nach Entleerung des Eiters meist sehr bald zur Norm zurückkehrt, so ist dagegen die im Höhestadium der Infectionskrankheiten sehr geschwächte Herzaction oft nicht im Stande, diese Widerstände zu überwinden; es werden daher peripher liegende Theile mit kleinem Ernährungsbezirk wegen mangelhafter Blutzufuhr rasch necrotisch zu Grunde gehen können.*) So sah ich z. B. während der Typhusepidemie des Jahres 1868 bei einem 11jährigen Mädchen, welches sehr schwer darniederlag, gegen Ende der dritten Woche die erste Phalanx des Zeigefingers necrotisch ausgestossen, in der Reconvalescenz aber sich vom Periost aus wieder vollständig neu bilden, so dass der Finger jetzt fast normale Verhältnisse darbietet.

Die Vorgänge in der Paukenhöhle bei acuten Entzündungen in der Höhe von Infectionskrankheiten sind folgende. Zuerst stark hyperämische Schwellung und seröse Durchfeuchtung aller dem Bereich

*) Es sei mir vergönnt, an dieser Stelle eine therapeutische Bemerkung einfliessen zu lassen. Ich bin der Ansicht, dass der tiefgehenden Zerstörung dieser Theile durch frühzeitige und ausgedehnte Incision des Trommelfells vorzugsweise im hinteren Abschnitt vorgebeugt werden kann. Ich habe auf diese Weise in schweren Scharlachfällen bei acuter Mittelohrentzündung mehrmals mit sehr günstigem Erfolge operirt.

des Mittelohres zugehörenden Schleimhauttheile. Die Tuba gestattet wegen ihrer Schwellung dem in der Paukenhöhle gebildeten Secret keinen Abfluss, das Trommelfell erscheint blauroth, stark vorgewölbt, gleichfalls serös durchfeuchtet, der ganze Inhalt der Paukenhöhle unter starkem Flüssigkeitsdruck; hierbei werden zunächst die peripheren Theile in ihrer Blutcirculation beeinträchtigt, es sind dies vornehmlich Hammer, Ambos und Trommelfell, da der Stapes von der inneren Paukenhöhlenwand aus einem anderen günstigeren Ernährungsbezirke angehört. *) Wenn nun jetzt der Durchbruch durch das erweichte Trommelfell erfolgt, so hat doch in vielen Fällen die schlechte Blutmischung und darniederliegende Herzthätigkeit nicht die Kraft, der schwer beeinträchtigten Hammer- und Ambosernährung wieder aufzuhelfen; die Knöchelchen sterben ab und werden nach Wochen oder Monaten ausgestossen.

Mit der Ausstossung der necrotisirten Theile ist dann die Höhe des Processes überschritten; die Secretion nimmt allmählig einen anderen Character an, verliert ihren üblen Geruch, wird mehr schleimig; die Schleimhaut der Paukenhöhle und der Tuba schwillt ab, wird mehr gelbroth und schliesslich oft nach Jahren erst wieder normal secernirend. Zuweilen verliert nur der Ambos seine Ernährung und wird ausgestossen, während der Hammer mit der oberen Trommelfellparthie erhalten bleibt; einzelne Sectionsresultate ergaben solchen Befund.

Die Diagnose

der verschiedenen Defecte ist nicht immer eine leichte. Man muss Inspection, welche auch durch eine geeignete Sonde unterstützt werden kann, Luftdouche, Stimmgabel, Uhr und Sprachverständniss dabei berücksichtigen. Selbst bei ganz abgelaufenen Processen hilft erst mehrfache Untersuchung und Beobachtung zum sicheren Erkennen des betreffenden Zustandes. Frische Perforationen oder solche mit noch bedeutender Röthung und Auflockerung der Theile lassen gar oft keine deutliche Abgrenzung des Defectes zu. Man hat das Durchzischen der Luft als diagnostisches Hilfsmittel benutzt; aber sehr oft ist die Tuba noch nicht durchgängig und die Luft zischt desshalb nicht durch. Erst im Verlauf der Behandlung, wenn die Theile abschwellen, nicht mehr von Eiter bedeckt sind, und die Tuba gut durchgängig wird, treten oft

*) Vergl. A. Prussak, Zur Physiologie und Anatomie des Blutstromes in der Trommelhöhle. Berichte der kgl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, vorgelegt von C. Ludwig, 9. Mai 1868.

die Defecte deutlich heraus. Wenn man die überaus seltene Gelegenheit hat, die Ausstossung von Hammer oder Ambos selbst zu beobachten, dann wird man natürlich schon früh einen Ueberblick gewinnen.

Man erkennt Lücken im Trommelfell an den scharfen Rändern, welche sich im Beleuchtungsbilde abheben, zuweilen sieht man auch die gelbrothe Paukenhöhlenschleimhaut durch die Lücke durchschimmern, oder es zeigt sich eine pulsirende Bewegung, wenn sich Flüssigkeit in der Lücke befindet. Wenn die Tuba durchgängig ist, so hilft uns das deutliche Durchzischen der Luft beim Politzer'schen Verfahren die Lücken von den Narben unterscheiden, welche oft aus dem Beleuchtungsbilde allein nicht mit Sicherheit zu trennen sind.

Ich habe zum Zwecke meiner Perceptionsversuche fünf Gruppen gebildet, in welche ich die verschiedenen Defecte ordne, von der kleinlinsengrossen Trommelfelllücke bis zum Verlust von Trommelfell, Hammer und Ambos. Die entsprechenden Beleuchtungsbilder werden durch die Figuren 3 bis 7 incl. der anliegenden Tafel dargestellt, während die Figuren 1 und 2 zwei Bilder des normalen Trommelfells veranschaulichen*); gelegentlich der Vorführung der Patienten im 3ten Abschnitte dieser Abtheilung werde ich diese Trommelfellbilder eingehender erörtern.

Das Aussehen der die Lücken umgebenden übrigen Trommelfelltheile ist sehr verschiedenartig; zuweilen findet man sie normal perlgrau und nicht getrübt, häufiger zeigen sich kalkige Einlagerungen oder diffuse, weissgelbe Trübungen. Betreffen diese blos die Paukenhöhlenwand der Membran, so bleiben Hammergriff und Processus brevis meist sichtbar, weil sie vor dieser nach dem Beschauer zu eingebettet sind. Ist der Defect grösser, so verliert das Trommelfell leicht seinen Stützpunkt und die Sehne des Trommelfellspanners zieht den Hammergriff stark nach Innen; hierdurch erscheint er perspectivisch verkürzt und der kurze Fortsatz tritt stärker hervor. Da die oberen Trommelfelltheile wegen ihrer derberen Structur häufig den zerstörenden Einflüssen widerstehen, so findet man nicht selten Defecte, wie sie Fig. 6 der Tafel veranschaulicht.

Sieht man im Beleuchtungsbilde nur eine gelbrothe oder saturirtrothe Wand, vorausgesetzt, dass man nicht weiss, dass Hammer und Ambos ausgestossen sind, so kann man diese Wand zuerst für das

---

*) Die Trommelfellbilder sind von dem bekannten Meister G. Cornicelius in Hanau nach der Natur in Oel gemalt.

verdickte oder aufgelockerte Trommelfell halten; erst wiederholte Beobachtung und Zusammenfassen der übrigen diagnostischen Hilfsmittel wird den Verlust von Hammer und Ambos und das vorliegende als Schleimhaut des Promontoriums constatiren. Nicht immer lässt sich das Köpfchen des übriggebliebenen Steigbügels im hinteren, oberen Quadranten der Lücke erkennen; nur bei günstiger Neigung des knöchernen Theiles des äusseren Gehörganges zur Paukenhöhle erscheint es im Beleuchtungsbilde, zuweilen werden auch noch die beiden Schenkel sichtbar, wenn die umgebende Schleimhaut sich relativ zu normalisiren beginnt. (Vergl. Fig. 7 der Tafel.)

Indem ich im Uebrigen bezüglich der Diagnostik solcher Defecte auf die vorzüglichen Schilderungen Politzer's*) verweise, werde ich die Erweiterung, welche die Diagnose durch die Zuhilfenahme meiner Perceptionsversuche für Sprache, Stimmgabel und Uhr erfahren wird, an einer anderen Stelle eingehender betrachten, wenn ich die bezüglichen Versuche geschildert habe.

---

*) Dr. Adam Politzer, Die Beleuchtungsbilder des Trommelfelles im gesunden und kranken Zustande. Wien 1865 bei W. Braumüller.

Zweiter Abschnitt.

Auswahl der Patienten und Methode der Prüfung für die Empfindungen des defecten menschlichen Ohres. Tonverhältnisse der Versuchsworte.

Für jeden Versuch ist das erste Erforderniss eine möglichst fehlerfreie Voraussetzung, von der man ausgeht. Das im vorigen Abschnitte von mir geschilderte defecte menschliche Ohr ist ein vollständig geeignetes Versuchsobject zur Feststellung der Frage: „wie werden die Tonreihen von dem defecten Ohre aufgefasst?" wenn man unter Festhaltung einer Reihe von Vorsichtsmassregeln sich die Patienten dazu auswählt. Zur Verwerthung der so für das defecte Ohr gefundenen Perceptionsresultate auf das Geschehen im Gesunden, um Rückschlüsse daraus für die physiologische Thätigkeit der einzelnen Theile des schallzuleitenden Apparates zu bilden, welche unantastbare Sicherheit gewähren könnten, dazu würde ich Experimente mit gesunden Gehörorganen in der Art haben anstellen müssen, dass ich der Reihe nach einem gesunden Menschen zuerst das Trommelfell in bestimmten Grenzen defect machte und allmählig zur Wegnahme des Hammers und Ambos auf operativem Wege hätte schreiten müssen, um die Auffassung der verschiedenen Töne in den verschiedenen Stadien des Defectes zu prüfen — solche Versuche wird aber selbst der für Vivisectionen begeistertste Physiologe nicht von mir verlangen. Ich musste daher einen anderen Weg einschlagen, nämlich den per exclusionem; indem ich der Natur die Fälle ablauschte, wo sie selbst den Operateur am Gehörorgan gemacht und wo sie so operirt hat, dass jedesmal der

übrigbleibende Theil des defecten Ohres nach Ablauf des krankhaften Processes relativ zur Norm zurückgekehrt war, so dass die übriggebliebene Leistungsfähigkeit des schallzuleitenden Apparates als nicht wesentlich verschieden von einer etwa auf dem oben angedeuteten und projectirten operativen Wege bewirkten eines künstlich defect gemachten Ohres sich darstellte. Mit anderen Worten — ich musste aus einer grösseren Anzahl von Patienten mit defectem schallzuleitenden Apparate mir diejenigen auswählen, von welchen ich nach Prüfung des Beleuchtungsbildes, der Auffassung für Stimmgabel, Uhr und Sprache und der subjectiven Empfindungen annehmen konnte, dass, abgesehen von dem Defecte, keine weiteren, die Schallzuleitung wesentlich beeinträchtigenden Veränderungen an den bezüglichen Theilen dieses Apparates und keine Störungen des Labyrinthes zurückgebleiben seien.

Ich verkenne die Schwierigkeiten einer derartigen Aufgabe durchaus nicht. Während desshalb meine Versuche eine gewisse Sicherheit für die Empfindungen des defecten Ohres in Anspruch zu nehmen geeignet sind, so bitte ich dagegen die Schlussfolgerungen, welche ich aus ihnen für das physiologische Arbeiten der einzelnen Theile des gesunden Ohres ziehen werde, nur mit einer gewissen Restriction entgegenzunehmen, sofern diese nicht wieder controlirt und gestützt sind durch die Versuchsreihe mit gekrümmten Membranen, welche in der dritten Abtheilung des vorliegenden Buches dargelegt ist. Ich hoffe, dass vielleicht, angeregt durch diese Untersuchungen, andere Forscher noch Methoden auffinden werden, durch welche mehr direct die physiologische Thätigkeit der einzelnen Theile des schallzuleitenden Apparates mit Abschneidung des Umweges über den defecten Apparat, sich abgrenzen lässt.

Zunächst habe ich eine grössere Anzahl von Patienten mit defectem Gehörorgan, welche sich mir vorstellten, auf die Perception der Sprache, der Stimmgabel und der Uhr geprüft, dann aber zur Verwerthung des Resultates, welches ich im Folgenden gebe, alle diejenigen ausgeschieden, von denen ich Grund hatte anzunehmen, dass sie nicht ausreichend den Erfordernissen genügten. Diese Erfordernisse waren:

1. Subjective.

Der Patient musste alt genug sein, um getreu das Gehörte reproduciren zu können; er musste Verständniss für subjective Empfindungen seines Ohres haben, um etwa über Sausen, Schmerz Rechenschaft geben zu können; er musste eine deutliche Aussprache und die

Geduld haben, während einer längeren Sitzung mir seine Aufmerksamkeit zuzuwenden.

2. Objective Erfordernisse.

Der krankhafte Process, welcher den Defect erzeugt hatte, musste längere Zeit abgelaufen sein, ohne wesentliche, die Schwingungsfähigkeit der Theile beeinträchtigende Rückstände hinterlassen zu haben. Bei einfachen, kleinen Trommelfelldefecten, wie ich sie unter Gruppe I (vergl. Fig. 3) zusammengefasst habe, glaubte ich diese Voraussetzung erfüllt, wenn sich das übrige Trommelfell von normaler Farbe und Bildung, die durch die Lücke sichtbare Paukenhöhlenschleimhaut gelbroth oder grauroth und feucht zeigte, kein Secret mehr durch die Lücke abfloss, sondern sich bereits normales Cerumen im äusseren Gehörgang entwickelte. Pathologische Rückstände an den Gehörknöchelchen oder Fenstermembranen glaubte ich mit einiger Sicherheit dann ausschliessen zu dürfen, wenn die Hörweite für Uhr und Sprache im einfachen geraden Verhältniss zur Grösse der Trommelfelllücke, d. h. wenn meine schwach tickende Cylinderuhr (6′ mittlere normale Hörweite in der Stille der Nacht) am Tage noch in Entfernung weniger Zoll vom Ohre entfernt gehört wurde; wenn einzelne besonders günstige Worte von mir flüsternd gesprochen noch auf mehrere Fuss Entfernung und mittleren Tones gesprochene Sätze auf etwa 30′ Entfernung deutlich aufgefasst wurden. Die auf den Scheitel aufgesetzte Stimmgabel c^0 durfte auf dem defecten Ohr nicht wesentlich verstärkt und die Kopfknochenleitung für die Uhr musste überall gut erhalten erscheinen.*) Es durfte kein Sausen vorhanden oder früher nachweisbar vorhanden gewesen sein. Es ist einleuchtend, dass bei solchen pathologischen Rückständen, welche die Schwingungsfähigkeit der bezeichneten Theile wesentlich beeinträchtigten, das eine oder andere dieser Erfordernisse nicht hätte erfüllt werden können; so würde die Hörweite für Sprache und Uhr weit mehr herabgesunken sein, die Stimmgabel würde ungleich, und zwar bei intactem Labyrinth auf dem defecten Ohre von dem Scheitel aus stärker getönt haben. Bei gleichzeitiger Affection des Hörnerven wäre wohl gewiss Sausen dagewesen oder noch vorhanden, und dann wäre die Hörweite sicher noch auf ein viel geringeres Mass reducirt. Die Gruppen I und II boten weit constantere

---

*) Vergl. A. Politzer, Neue Untersuchungen über die Anwendung von Stimmgabeln zu diagnostischen Zwecken bei den Krankheiten des Gehörorgans. Separatabdruck aus der Wiener medicinischen Wochenschrift, 1868. I. Quartal.

Verhältnisse der relativen Hörweite, wie die Krankengeschichten zeigen werden, weil bei diesen der Defect nicht so gross war, dass die Resistenz der Membran dem Zuge des Muscul. tensor. tympan. gegenüber nicht mehr hätte das Gleichgewicht halten können; während bei Gruppe III und IV von Zeit zu Zeit dieser Muskel das Uebergewicht bekam, den Hammergriff nach Innen zog und dadurch ein Zurückgehen der Hörweite bewirkte, welches aber durch die allen Versuchen vorhergehende Lufteintreibung jedesmal wieder ausgeglichen wurde.

Bei der Gruppe V (Verlust von Trommelfell, Hammer und Ambos) nahm ich an, dass der Stapes ungehindert schwingen könne, wenn die sichtbare Paukenhöhlenschleimhaut gelbroth oder grauroth, feuchtglänzend, keine Einlagerungen und keine Wulstungen zeigte, die Uhr noch auf einige Zoll, die Sprache für einzelne günstige Worte in der Nähe geflüstert und auf Entfernung von 15′ mittleren Tones gesprochen verstanden wurde, kein Sausen vorhanden war u. s. w.

Die Methode der Prüfung

für die Perception, d. h. für die Auffassung der von mir gesprochenen Worte oder Silben war folgende. Der Patient kannte bereits, nachdem ich ihn eine Zeit lang behandelt und öfters mit ihm gesprochen hatte, meine Sprachweise vollkommen. Ich prüfte die Hörweite für Sprache und Uhr sodann vor jeder Sitzung, liess hierauf die Luftdouche oder das Politzer'sche Verfahren folgen und prüfte wieder die Grenze des Auffassungsvermögens, namentlich darauf, wieweit überhaupt mittleren Tones gesprochene Sätze verstanden wurden. Nun setzte ich den Patienten ganz in meine Nähe, aber seitwärts von mir, so dass das zu prüfende Ohr mir zugekehrt, das Gesicht des Patienten jedoch von mir abgewendet war, damit er meinen Mund nicht sehen und in Folge dessen rathen konnte. Ich ermahnte ihn wiederholt, nur das Gehörte nachzusprechen und nichts zu rathen; die Worte, welche er so reproducirte, genau wie er sie gehört hätte, dürften noch so verkehrt erscheinen, er solle sie nur gewissenhaft gerade so wiedergeben, wie er sie zu hören glaube. Ich liess ihn darauf das nicht zur Prüfung bestimmte Ohr mit einem Guttaperchastöpsel sorgfältig schliessen und den Finger noch darauf drücken, so dass ich sicher war, dass die Schallwellen nur von dem zu prüfenden Ohre aufgefasst wurden.

Ich sprach sodann die von mir ausgewählten Worte zuerst mittleren Tones, dann sehr laut zwei bis drei mal und liess sie den Patienten ebenso oft wiederholen, dabei hielt ich durchaus nicht die

Reihenfolge ein, wie die Worte in der Tabelle stehen, sondern nahm bald aus dieser, bald aus jener Reihe ein Wort für den Versuch Nach einiger Zeit, etwa vier bis sechs Wochen Pause, wurden dann Controlversuche mit dem Patienten gemacht und das Resultat wieder notirt. So habe ich einzelne Patienten während eines Zeitraumes von zwei Jahren beobachtet. —

In Bezug auf die Auswahl der Versuchsworte und auf die Tonverhältnisse derselben kam es darauf an, Worte der deutschen Sprache zusammenzustellen, welche eine möglichst reichhaltige Abwechslung in der Zusammensetzung aller Sprachlaute darboten.

Zunächst kommt für die Auffassung des einzelnen Sprachlautes die Stellung in Betracht, welche derselbe in dem betreffenden Worte einnimmt. Würden wir das einzelne Wort sowohl, als ganze Sätze gleichmässig ohne musikalische Accentuation aussprechen, so wäre unsere Sprache höchst unharmonisch, monoton und leiernd. Freilich giebt es manche Menschen, deren Sprache zum Theil wenigstens diese Fehler hat; so findet man namentlich bei einer Anzahl von Geisteskranken, dass sich das unharmonische gestörste Denken auch in ihrer Sprache äussert. Aber die meisten Menschen sprechen doch harmonisch und mit Betonung einzelner Silben, so dass sie die Stimme anschwellen und wieder sinken lassen.

Musikalisch bezeichnet würde ein Crescendo, ein Intensitätsmaximum und ein Descrescendo mit folgender Figur zu unterscheiden sein.

$<$ $>$

Hieraus ergiebt sich, dass die Sprachlaute, welche den Anfang und das Ende des Wortes oder Satzes bilden, am schwächsten, diejenigen, welche nach der Mitte oder nach dem Intensitätsmaximum hin stehen, am stärksten intonirt werden.

Dass diese Verhältnisse von grosser Wichtigkeit für die Auffassungsweise des defecten Ohres sind, und dass sich daraus grosse Differenzen in der Perception des einzelnen Lautes ergeben, je nachdem er zu Anfang, Mitte oder Ende des Wortes steht, werden wir im Verlaufe der Versuche noch genügend hervortreten sehen.

Da mir gleich anfangs auffiel, dass die Vocale von dem defecten Ohre ganz beträchtlich leichter als die Consonanten aufgefasst wurden, so zog ich vorzugsweise diese letzteren in Betracht. Ich stellte eine grosse Anzahl Worte zusammen, bei welchen jedesmal der Consonant, welchen ich prüfen wollte, zu Anfang des Wortes stand, eine andere

Reihe, wo er mehr in der Mitte stand, und eine dritte, wo er den Schluss bildete.

Es ist ferner wichtig, in welcher Verbindung die einzelnen Consonanten stehen. Wir sahen bei der Betrachtung der Tonstärke, dass die tonborgenden H, M, N, L und W noch in sehr grosser Entfernung unterschieden werden können, wenn sie mit Vocalen in Verbindung gehört werden; aber auch die durch Anschlag gebildeten selbsttönenden B, K, T gewinnen an Deutlichkeit und Kraft, wenn sie sich an einen Vocal anlehnen können. Dagegen giebt die Häufung mehrerer Consonanten auf einander den Worten einen mehr unharmonischen Charakter, auch wird der eine oder andere Consonant leicht eliminirt oder vom Ohre absichtlich überhört, weil er unangenehm klingt in solcher Verbindung. Es sind diejenigen Worte, in welchen Vocale und Consonanten regelmässig abwechseln, die deutlichsten und auch für den Gesang am meisten geeignet, wie wir die Worte besonders in den Sprachen romanischen Ursprunges zahlreich vertreten finden.

Aber auch wenn Vocale und Consonanten regelmässig auf einander folgen, ist es nicht gleichgültig für den Grad der Auffassung, ob Consonanten mit hellen oder mit dunklen Vocalen in Verbindung treten. Man versuche nur z. B. den S-Laut der Reihe nach mit I, E, A, O, U zu verbinden, und es wird sich ergeben, dass das S in Su dunkler, schwächer und weicher klingt, in Si heller, schärfer und rauher. Andererseits zeigen viele Worte schon dem gesunden Ohre in ihren Endsilben sich schwer verständlich, wenn ein schwachtönender Consonant nach einem dunklen Vocale die Silbe schliesst.

Bilden zwei Consonanten den Anfang eines Wortes, so verdeckt der stärkere oder vollere leicht den schwächeren; ein gesundes Ohr mit genauer Adaption seiner Theile unterscheidet sie beide, das defecte Ohr sehr oft nur den einen. Desshalb habe ich auch solche Worte reichlich zusammengesucht, welche mit zwei Consonanten anfangen.

Alle die Versuche wären zwar etwas präciser geworden, wenn ich der Reihe nach blos Silben ohne Zusammenhang vorgesprochen hätte, damit den Patienten die Möglichkeit, aus dem gehörten Theile eines Wortes das Uebrige zu rathen, abgeschnitten gewesen wäre; aber es kam mir darauf an, zugleich practisch dem Ohrenarzte ein System zur Prüfung der Sprachweite zu übergeben; vielleicht werden sich manche Eigenthümlichkeiten Ohrenkranker in dem Verkehre mit anderen Menschen und mit dem Ohrenarzte aus den Schwierigkeiten der Perception einzelner Worte erklären lassen.

Dritter Abschnitt.

Krankengeschichten und epicritische Bemerkungen. Eintheilung der Defecte in fünf Gruppen.

Wenn ich in dem Folgenden dem Leser die Patienten, welche für einen Theil dieser Arbeit mir ihre Hilfe für die Versuche zugewendet haben, vorführe und ihre Krankengeschichte ausführlich erörtere, so geschieht es vornehmlich desshalb, weil ich von der Ansicht ausging, dass manche Schlussfolgerungen der dritten Abtheilung dieses Werkes durch die Krankengeschichten eine sichere Grundlage, und der Leser aus der Vergleichung der verschiedenen Patienten und ihres Leidens die Ueberzeugung gewinnen würde, dass ich bei ihrer Auswahl zum Zweck der Perceptionsversuche mit möglichster Vorsicht zu Werke gegangen bin. Aus der grösseren Zahl von 20 Patienten, welche einfache Trommelfelldefecte mit vollständiger Erhaltung der Gehörknöchelchenkette zeigten und mit welchen ich Perceptionsversuche anstellte, schienen mir nur fünf den im vorigen Abschnitte besprochenen Erfordernissen zu genügen.*) Ich theilte sie in vier Gruppen:

I. Gruppe: Frl. Franziska H., linkes Ohr. Trommelfellbild Fig. 3.

II. Gruppe: Frau G. und Robert W., beide linkes Ohr. Trommelfellbild Fig. 4.

*) Seit dem Beginn der Versuche sind über zwei Jahre vorübergegangen. Im Laufe dieser Zeit habe ich noch mit einer grösseren Anzahl geeigneter Patienten Perceptionsversuche anzustellen Gelegenheit gehabt, welche im Grossen und Ganzen dasselbe Resultat (vergl. den Abschnitt VIII, Resultat der Perceptionsversuche) wie die oben genannten ergaben.

III. Gruppe: Friedrich M., linkes Ohr. Trommelfellbild Fig. 5.
IV. Gruppe: Catharina P., rechtes und linkes Ohr. Trommelfellbild Fig. 6. (Des linken Ohres.)

Aus der kleineren Anzahl von zehn Patienten, welche den Verlust des Trommelfelles und der Gehörknöchelchenkette zu beklagen hatten, schienen mir zur Verwerthung der Perceptionsversuche nur drei geeignet, mit welchen ich die fünfte Gruppe bildete.

V. Gruppe: Herr Jean W., Robert W., Frau Sch., alle drei rechtes Ohr. Trommelfellbild von Jean W. Fig. 7 der Tafel.

Den Krankengeschichten der fünften Gruppe habe ich noch drei weitere angereiht, damit der Gegensatz zwischen den für den vorliegenden Zweck geeigneten und den ungeeigneten Patienten deutlicher hervortrete, und weil gleichzeitig die letzteren über die Entstehungsweise solcher Defecte manchen Aufschluss geben könnten.

I. Gruppe.

Kleinlinsengrosser Defect in der unteren Hälfte des Trommelfelles.

Frl. Franziska H., 16 Jahre alt, von Hanau, kam am 23. Januar v. J. in meine Behandlung. Ihr Ohrenleiden hat vor sechs Jahren mit heftigem Schmerz im linken Ohre begonnen, worauf bald Ausfluss folgte. Eine Krankheitsursache war nicht zu constatiren. Die jetzt mässige Schwerhörigkeit des befallenen Ohres, im Anfang beträchtlich, besserte sich sehr rasch und blieb dann constant. Der Ausfluss versiechte nach einigen Monaten. Sausen war nie vorhanden. Vor zwei Jahren hatte sie wieder einige Tage etwas Schmerz und Feuchtigkeit im Ohre gehabt, seitdem aber sich völlig wohl befunden. Sie consultirte mich überhaupt nur gelegentlich, als sie mir ihren jüngeren Bruder, welcher an Tubarcatarrh leidet, zur Behandlung übergab. Hereditäre Anlage zu Ohrenleiden herrscht übrigens nicht in der Familie.

Status praesens.

1. Das Uhrticken wird R., in der für normal geltende Entfernung*) links auf 3″ gehört. 2. Die Knochenleitung; Das Uhrticken wird von

*) Ich füge hier gleich eine Erklärung der Abkürzungen u. s. w. ein.

Meine Cylinderuhr wird von Normalhörenden, wenn es im Zimmer ruhig ist, auf 6′ Entfernung gehört. — Die grösste Entfernung durch meine drei Zimmer in gerader Richtung (weil die Thüren gerade gegenüber liegen), welche

der Schläfe aus R. etwas stärker als L., die auf den Scheitel aufgesetzten Stimmgabeln c^0 und a^I werden dagegen L. stärker, R. schwächer; vom ä. Gehörg. aus R. stärker, L. schwächer percipirt. Die Hörw. für die Sprache ist R. normal, L. 30′ m. i. Z., 2′ fl. i. Z.

Die Untersuchung mit Spiegel und Trichter ergiebt: R. normale Verhältnisse.

Links. Im ä. Gehörg. etwas gelbliches, eingedicktes Secret, nach dessen Entfernung zeigt sich das Trommelfell grau, glänzend, nicht verdickt, Hammergriff geradestehend, deutlich sichtbar, ebenso der Proc. brev.

Unter dem Umbo eine Perforationsöffnung mit glatten, scharfen Rändern, quer oval liegend, etwa 1½ Mm. hoch, 2½ Mm. breit. Die durch die Lücke sichtbare Schleimhaut des Promontoriums ist feuchtglänzend, mässig geröthet.

Beim P. V. deutliches Durchzischen der Luft; es wird etwas fadenziehendes, schleimiges Secret ausgetrieben, darauf Besserung der Hörw. auf 6″ für die Uhr, 14′ fl. i. Z. für die Sprache.

Diagnose.

Abgelaufene Otitis media mit Substanzverlust und bleibendem Defect des Trommelfelles, jetzt leichter, subacuter Catarrh der Paukenhöhle. (Patientin behauptet, erst seit acht Tagen wieder etwas Ausfluss zu spüren.)

Der Verlauf.

bestätigte im Weiteren die Diagnose. Nach mehrmaligen Lufteintreibungen durch das P. V. und Reinigen des Ohres versiechte die Secretion und es erschien wieder normales Cerumen im ä. Gehörg. Die durch die Lücke sichtbare P.höhschlht erschien mehr rosa und später gelbroth. Die Hörw. betrug zur Zeit des ersten Perceptionsversuches am 20. Februar 6″ für die Uhr, 12′ fl. i. Z., 40′ m. i. Z. für die Sprache, nach dem P. V. stieg

---

ich zur Prüfung der Hörweite für die Sprache anwendete, beträgt 40′. Ich nehme für die Prüfung mittelst der Sprache drei Tonstärkenunterschiede an:

l. bedeutet: einzelne laut gesprochene Worte.

m. i. Z. bedeutet: mittleren Tones im Zusammenhang gesprochene Sätze.

fl. i. Z. bedeutet: flüsternd im Zusammenhang gesprochene Sätze.

40′ fl. i. Z. bedeutet: flüsternd gesprochene Sätze in einer Entfernung von 40′.

Weitere Abkürzungen sind:

P. V. = Politzer'sches Verfahren zur Eintreibung von Luft in die Paukenhöhle.

Lftd. = Luftdouche, Eintreibung von Luft in die Paukenhöhle mittelst Hartgummi-Catheter und Ballon.

P.höhlschlht = Paukenhöhlenschleimhaut.

ä. Gehörg. = äusserer Gehörgang.

R. = rechts.

L. = links.

Hörw. = Hörweite.

sie auf 16′ fl. i. Z.; das P. V. bewirkte also in diesem Fall keine wesentliche Aenderung in der Situation der Theile des schallzuleitenden Apparates, nachdem der leichte subacute Nachschub abgelaufen war. Das bezügliche Trommelfellbild wird durch Fig. 3 der Tafel veranschaulicht. Controlversuche am 6ten März und 10ten April. Der Zustand des linken Ohres ist bis jetzt (Juni) ganz unverändert.

Epicritische Bemerkungen.

Patientin ist für die Perceptionsversuche als geeignet zu betrachten, weil sie die früher definirten Erfordernisse vollständig erfüllt. Die vor sechs Jahren entstandene acute Otitis media war schon nach wenig Monaten beendet und die Paukenhöhle bis auf den Trommelfelldefect wieder normalisirt. Das Trommelfell selbst hat im Uebrigen normale Eigenschaften, die durch die Lücke sichtbare P.höhlschlht ist jetzt nach Ablauf des leichten subacuten Nachschubes gleichfalls wieder normal secernirend, die Tuba gut durchgängig.

Die Gehörstörung entspricht der Grösse des Trommelfelldefectes, d. h. sie definirt sich im Wesentlichen als eine Hörschwäche in Folge des Mangels von einem Theile der schallverstärkenden Kraft des Trommelfelles. Der Musc. tensor tympani hat nicht das Uebergewicht der Elasticität der Membran gegenüber bekommen, der Hammergriff ist nicht retrahirt. Der Ort der Perforationsöffnung und die Grösse der Lücke sind so günstig, dass die stärkste Lage der elastischen Kreisfasern der Membran erhalten erscheint, welche dem Zuge der Sehne des Musc. tensor. tympani das nöthige Gegengewicht halten.

Störungen in der Nervenausbreitung, Veränderungen an den Fenstermembranen oder Rigidität der Gehörknöchelchenkette würden sich durch Sausen oder viel beträchtlichere Schwerhörigkeit documentirt haben. Die Hörw. ist jetzt ganz constant.

Hiernach erschien mir gerade dieser Fall ganz besonders geeignet, eine präcise Beantwortung der Frage:

> „Wie verhält sich die Perception der Sprache und Uhr bei kleinem Trommelfelldefecte und in vollständig normaler Lage erhaltener Gehörknöchelchenkette?“

zu ermöglichen. Was die subjectiven Erfordernisse betrifft, so ist Patientin aufgeweckten Geistes, intelligent und musikalisch gut ausgebildet.

II. Gruppe.

Mässiger Defect von der Länge eines Quadranten der Membran, aber beträchtlich geringerer Breite im vorderen unteren Theile des Trommelfelles.

1. Frau G., 33 Jahr alt, von Hanau. Patientin kam 23ten November 1868 in meine Behandlung. Sie ist körperlich im Uebrigen gesund, fein gebildet und intelligent. Das Leiden des linken Ohres begann vor fünf Jahren mit Schmerz, Schwerhörigkeit und später etwas Ausfluss, welcher aber nach etwa einem Jahre versiechte und nur zeitweise in ganz geringer Menge wieder erscheint, vorher geht gewöhnlich etwas Schmerz. Die Schwerhörigkeit ist mässig, viel geringer als zu Anfang der Krankheit, nur sind die von Zeit zu Zeit eintretenden stechenden Schmerzen belästigend. Sausen war nie vorhanden, eine muthmassliche Ursache für die Erkrankung des Ohres nicht aufzufinden.

Status praesens.

Die Stimmgabel wird vom ä. Gehörg. aus R. stark, L. schwächer, von dem Scheitel aus R. schwächer, L. stärker percipirt. Knochenleitung für das Uhrticken beiderseits gut. Die Uhr wird R. in der normalen Entfnrnung, L. nur beim Anlegen an die Ohrmuschel, die Sprache R. normal, L. 30′ m. i. Z., 3′ *) fl. i. Z. gehört.

Im linken ä. Gehörg., welcher weit ist, etwas schleimiges Secret, nach dessen Entfernung ist das Trommelfell matt, weissgrau, Hammergriff gering eingezogen. Im vorderen unteren Quadranten eine Perforationsöffnung, etwa 3 Millim. lang, 2 Millim. breit. Durch die Lücke schimmert die rosa gefärbte P.höhlschlht. Die Tuba erweist sich beim P. V. durchgängig, die Luft zischt kräftig durch. Besserung der Hörw. nach dem P. V. auf 3″ für die Uhr, 15′ fl. i. Z.

Verlauf.

Nachdem in Pausen von zwei bis drei Tagen etwa sechsmal das P. V. angewendet war, versiechte die Secretion aus der Paukenhöhle nach Aussen, im ä. Gehörg. bildete sich normales Cerumen. Die Schmerzen kehrten nicht wieder; doch sank die Hörw. in den Pausen stets etwas herab. Zur Zeit des ersten Versuches, am 28ten December 1868, erschien Trommelfell und P.höhlschlht, abgesehen von dem Defecte, normalisirt. Die Lücke änderte sich nicht. (Vergl. Fig. 4 der Tafel.)

Nach dem P. V. betrug die Hörw. an diesem Tage 4″ für die Uhr, 18′ fl. i. Z. für die Sprache.

Controlversuche am 10ten und 18ten Januar 1869. Bis jetzt befindet sich Patientin vollkommen wohl.

*) Das Fussmaass im vorliegenden Werke ist überall preussisches Maass.

2. Robert W., $10^1/_2$ Jahre alt, von Hanau, kam am 10ten December 1867 in meine Behandlung. Sein Ohrenleiden hatte vor drei Jahren in der Höhe des Scharlachfiebers mit Schmerz begonnen; dann folgte Ausfluss, welcher beiderseits anfangs sehr profus und übelriechend war, jetzt aber mässiger ist. Die Schwerhörigkeit Anfangs sehr bedeutend, besserte sich später und wechselte öfters. Ohrentönen oder Sausen war nie vorhanden, nur zuweilen momentan ein platzendes oder knallendes Geräusch (wahrscheinlich von Eiteransammlung in der Paukenhöhle herrührend). Schmerz ist noch zeitweise vorhanden, aber mässig und kurz dauernd. Hereditäre Anlage zu Ohrenleiden nicht vorhanden.

Status praesens.

Die auf den Scheitel aufgesetzte Stimmgabel wird R. stärker, L. schwächer percipirt, während ihr Ton vom ä. Gehörg. aus L. stärker gehört wird. Das Uhrticken wird von der Schläfe aus R. stärker als L., vom ä. Gehörg. aus R. beim Anlegen an die Ohrmuschel, L. auf 2″. Sprache: R. 10′ l., L. 12′ m. i. Z.

Patient ist von zartem Körperbau, blassem Hautcolorit, etwas anämisch.

Die Untersuchung des rechten Ohres mit Spiegel und Trichter ergab:

Im ä. Gehörg. viel bröckliche, gelbe, käsige Massen untermischt mit dünnem Eiter, beim Ausspritzen leichte Blutung. Darauf präsentirt sich ein Polyp von mässiger Consistenz, röthlicher Farbe, fast das ganze Lumen des knöchernen Theiles ausfüllend, bis zum knorpelichen hervorragend, mit dem Stiel an der oberen Wand in der Nähe des Annulus tympanus aufsitzend. Beim P. V. undeutliches Eindringen der Luft, keine Besserung der Hörw. nacher.

Verlauf der Affection des rechten Ohres (für Gruppe V): Am 20ten December 1867 wurde der Polyp (mit der Schlinge von Wilde) entfernt. Derselbe ist von Erbsengrösse mit langem Stiel, fibröser Textur.

Im Grund des Gehörganges erscheint jetzt eine rothe aufgelockerte Wand, deren Character noch nicht festzustellen war.

Ord.: P. V. alle zwei bis drei Tage. Zinc. sulfuric.- und Plumb. acetic.-Lösung, tägliches Ausspritzen des Ohres: innerlich Tinctura ferri pomati 10,0, Tinctura rhei vinos. 20,0. S. Dreimal täglich 30 Tropfen z. n. — Bäder, roborirende Diät.

Der Rest des Polypenstieles schwand bald unter der Einwirkung des auf Silberdraht aufgeschmolzenen Lapiskügelchens. Die Hörw. besserte sich sehr langsam, und betrug im Mai 1868 14′ l. für die Sprache, 4″ für die Uhr, während zu dieser Zeit links schon flüsternd Gesprochenes verstanden wurde. Die Secretion war nicht mehr so profus, das Secret mehr schleimig fadenziehend. Im Gesichtsfeld zeigte sich noch immer die gleichmässig geröthete aber jetzt weniger gewulstete Wand. Da bei der Lftd. die Luft stark durchzischte und keine Spur eines Gehörknöchelchens sichtbar war, so schloss ich im Zusammenhang mit dem Verlauf, dass die vorliegende Wand die Schleimhaut des Promontoriums darstelle und Hammer und Ambos necrotisch ausgestossen seien, wahrscheinlich in den ersten Monaten nach Ablauf des schweren Scharlachfiebers. Ich schickte den Patienten den

Sommer hindurch auf das Land, und liess nur beide Ohren mit dünner Kochsalzlösung ausspritzen. Im August des Jahres 1868 kehrte er in meine Behandlung zurück. Die Secretion R. war sehr gering, die Hörw. beträchtlich gestiegen, so dass er einzelne im Zusammenhang flüsternd gesprochene Sätze auf 18′ verstand, das Uhrticken auf 4″.

Die P.höhlschlht zeigte sich gelbroth, feuchtglänzend mit einzelnen Gefässramificationen, im hinteren oberen Quadranten erscheint als gelblich hervorragender Punct das Stapesköpfchen. Beim Ausspritzen des Ohres klagt Patient darüber, dass ihm das Wasser in den Hals herunterfliesse, jedenfalls ein Zeichen, dass die Tuba gut durchgängig ist. Dennoch wurde die Hörw. durch das P. V. stets momentan auf einige Stunden oder selbst Tage beträchtlich verbessert.

Im September und October versiechte die Secretion von der Paukenhöhle nach dem ä. Gehörg. vollkommen und bildete sich normales Cerumen in diesem. Das Trommelfellbild zeigt Fig. 7 der Tafel. (Dasselbe wie von Jean W.)

Die Untersuchung des linken Ohres (für Gruppe II) ergab am 10. December 1867:

Im Grund des ä. Gehörg. gelblich schleimig-eitrige Massen; nach deren Entfernung erscheint das Trommelfell matt weissgrau, die Epidermisschicht etwas aufgelockert. Unter der Gegend des Hammergriffes, welcher nicht ganz deutlich ist, eine Perforationsöffnung von etwa 2½ Millim. Länge, 1½ Millim. Breite. Die durch die Lücke sichtbare P.höhschlht ist saturirt roth, aufgelockert. Hörw.: Uhr 2″, Sprache 12′ m. i. Z. Beim P. V. Durchzischen der Luft und nachher Besserung der Hörw. auf 4″ für die Uhr, 17′ m. i. Z. für die Sprache. Ord.: P. V. abwechselnd mit Lftd., leichte Zinklösung zwei bis drei mal wöchentlich. Später blos P. V. in Pausen. Unter dieser Behandlung besserte sich der Mittelohrcatarrh beträchtlich, doch blieb die Lücke im Trommelfell unverändert und zeigte später scharf abgegrenzte Ränder.

Verlauf.

Schon im Juni 1868 war der Process auf dieser linken Seite als abgelaufen zu betrachten, indem die Secretion aus der Paukenhöhle nach Aussen aufhörte und im ä. Gehörg. normales Cerumen sich bildete. Das Trommelfell war klarer geworden, Hammergriff und Proc. brev. deutlich. Die P.höhlschlht in der Lücke gelbroth.

Die Hörw. betrug ziemlich constant in der Zeit vom September 1868 bis Februar 1869 3″ für die Uhr, 10′ fl. i. Z. für die Sprache und 38′ l., nach dem P. V. stieg sie auf 5″ für die Uhr, 18′ fl. i. Z. für die Sprache.

Das Trommelfellbild zeigt Fig. 4 der Tafel (dasselbe wie von Frau G.).

Auch das Allgemeinbefinden des Patienten hatte sich mit Nachlass der Secretion bedeutend gebessert, er ist jetzt kräftiger und lebhafter.

III. Gruppe.

Mässiger Defect bis zur Grösse von einem und einem halben Quadranten des Trommelfelles.

Friedrich M., 11 $^1/_2$ Jahre alt, aus Hanau, kam den 30ten October 1867 in meine Behandlung. Derselbe ist körperlich und geistig gut entwickelt. Sein Gehörleiden hat vor drei Jahren nach oder im Scharlachfieber begonnen. Er litt anfangs an hochgradiger, später mässiger und wechselnder Schwerhörigkeit mit Otorrhöe, welche seit einigen Monaten versiecht war. Schmerz hatte er Anfangs, später nicht mehr. Sausen war nie vorhanden, auch hereditäre Anlage ist nicht nachweisbar.

Status praesens.

Die auf den Scheitel aufgesetzte Stimmgabel wird L. stärker, R. schwächer, vom ä. Gehörg. aus wird sie L. schwächer, R. stärker gehört. Das Uhrticken von den Kopfknochen aus gleichmässig gut, wird vom ä. Gehörg. aus R. auf 4″, L. auf 3″, die Sprache R. auf 14′ l., L. 10′ l. percipirt.

Der rechte Gehörg. ist normal weit, im Grund zeigt sich eine Ansammlung von braunen Massen, welche ausgespritzt werden und aus Secret, Cerumen und Epidamisschollen zusammengesetzt sind. Das Trommelfell weissgrau, trüb, zeigt einen Defect von der Grösse eines Quadranten der Membran. Der Hammergriff erscheint in perspectivischer Verkürzung, der Proc. brev. vorspringend, die durch die Lücke sichtbare Phöhlschlht. saturirt roth.

Der linke Gehörg. ist normal weit, im Grund zeigt sich eine helle rundliche Masse, umgeben von etwas gelblichem Secret, welche zuerst für einen Polypen imponiren konnte, am folgenden Tage aber sich als ein Wattekügelchen darstellte, welches leicht extrahirt wurde. Das Trommelfell erschien gelblich weiss, trüb, Hammergriff und Proc. brev. angedeutet. Der vordere untere Quadrant und die Hälfte des hinteren unteren fehlten, ein Theil des Hammergriffes bildete die hintere Grenze der Lücke, das Griffende ragte frei als rundliches Knöpfchen hervor. (Vergl. Fig. 5 der Tafel.) Die durch die Lücke sichtbare P.höhlschlht war mässig geröthet.

Verlauf.

Beim P. V. beiderseits deutliches Durchzischen der Luft mit Rasseln, nachher Besserung der Hörw. R. auf 6″, L. auf 7″ für die Uhr, R. auf 22′ m. i. Z., L. auf 28′ m. i. Z. für die Sprache. Nachdem bis zum 8ten Februar 1868 wöchentlich zwei bis drei mal das P. V. angewendet und dabei die nöthige Reinigung des Ohres empfohlen war, besserte sich der Zustand in der Art, dass zwar R. die Einziehung des Hammergriffes und Herabsinken der Hörw. in den Pausen wiederkehrte, L. aber die Hörw. ziemlich constant blieb. In beiden äusseren Gehörgängen zeigte sich normales Cerumen, die durch die Lücke sichtbare P.höhlschlht war gelbroth und feuchtglänzend.

Ich entliess den Patienten und sah ihn erst im August 1868 zum Zweck der Perceptionsversuche wieder. Die Hörw. L. war ziemlich constant und so gut, dass er einzelne besonders günstige Worte auf 30′ flüsternd gesprochen verstand, ebenso war das Trommelfellbild unverändert: R. dagegen

war der Hammergriff wieder stärker eingezogen. Ich machte zwar für die beiden Ohren Perceptionsversuche, benutzte jedoch nur die des linken, weil sich hier constantere Verhältnisse bei der Controle ergaben.

Das bezügliche Trommelfellbild, wie es sich im August 1868 darstellte, zeigt Fig. 5 der Tafel.

IV. Gruppe.

Grosser Defect, über drei Viertheile des Trommelfelles sich erstreckend.

Catharina P., 11 Jahre alt, von Wachenbuchen, kam am 15ten März 1868 in meine Behandlung. Ihr Ohrenleiden entstand vor fünf Jahren während einer schweren Pneumonie. Anfangs sehr grosse, später mässige Schwerhörigkeit mit Otorrhöe und zeitweise Schmerzen im rechten Ohre. Sausen war nicht vorhanden.

Status praesens.

Die Stimmgabel a^I wird R. vom ä. Gehörg. aus schwach, L. stärker, vom Scheitel aus R. stärker, L. schwächer gehört. Die Knochenleitung für die Uhr beiderseits gut, das Uhrticken wird vom ä. Gehörg. aus R. 1″, L. 3″, die Sprache R. 20′ l., L. 27′ l. gehört; dabei fiel mir gleich damals auf, dass Patientin die Vocale ganz unverhältnissmässig besser als die Consonanten pericipirte.

Im ä. Gehörg. R. zeigt sich nach der Mitte des knöchernen Theiles zu eine weisse Wand segelförmig herabhängend und von gelbgrünem Eiter umgeben. Da sie mir ganz ähnlich wie Schimmel erschien, so entfernte ich sie mit der Pincette, behandelte sie nach der Vorschrift von Wreden*) und fand bei 480facher Vergrösserung ganz deutlich alle dem Aspergillus glaucus characteristischen Elemente.

Beim stärkeren Ausspritzen des rechten Ohres lösten sich noch verschiedene mit Eiter und Epidermislamellen vermischte derartige Wucherungen ab und liessen im Grund des Gehörganges nur eine stark geröthete und gewulstete Wand erkennen.

Das linke Ohr zeigte im Grund des Gehörganges etwas Eiter und Schleim, den grössten Theil der Membran. tymp. verloren, dagegen den Hammergriff frei in die Lücke ragend, aber perspectivisch verkürzt. Proc. brev. etwas vortretend. Die sichtbare P.höhlschlht stark geröthet und aufgelockert.

Verlauf.

Beim P. V. erfolgt beiderseits starkes Durchzischen der Luft, darauf bessert sich die Hörw. beträchtlich auf R. 5″, L. 7″ für die Uhr, R. 28′ l., L. 35′ l. für die Sprache.

---

*) Die Myringomykosis aspergillina von Dr. Robert Wreden. Leipzig 1868.

Gegen die Aspergillwucherung ordnete ich Instillation von Kal. chloric.-Lösung und später spirituöser Tanninlösung an, doch kehrte dieselbe noch öfters wieder, so dass sie erst im Mai nach zwei Monaten als gänzlich beseitigt zu betrachten war. Im Uebrigen wurde das P. V. zwei bis dreimal wöchentlich und Instillationen von Zinc. sulfuric.-Lösung angewendet.

Allmählig besserte sich der Catarrh der P.höhlschlht, R. erschien der Hammergriff aber in perspectivischer Verkürzung, der Proc. brev. hob sich deutlich ab, ebenso der sichelförmige Rest des Trommelfelles; die Secretion nahm ab, aber eine mässige Röthung blieb doch zurück, so dass selbst zur Zeit der Perceptionsversuche im August vorigen Jahres noch keine normalisirte P.höhlschlht vorhanden war; die Hörw. sank in den Pausen immer wieder beträchtlich herab, besserte sich aber nach dem P. V. jedesmal auf ein bis zwei Tage sehr beträchtlich, so dass unmittelbar nach dem P. V. besonders günstige Worte flüsternd gesprochen auf 25′ beiderseits gehört wurden. Das Uhrticken wurde sogar auf R. 1′, L. 1½′ Entfernung percipirt.

Das Beleuchtungsbild des Trommelfellrestes und der P.höhlschlht zeigt Fig. 6 der Tafel.

Epicritische Bemerkungen.

Zur Begründung der Brauchbarkeit der in der zweiten und dritten Gruppe eingereihten Fälle zu den Perceptionsversuchen werden wenige Worte genügen. Der Paukenhöhlencatarrh war zur Zeit der Versuche zweifellos als abgelaufen anzusehen, ohne die Schwingungsfähigkeit der Theile beeinträchtigende Residuen zu hinterlassen. Bei Gruppe II war die Lücke so gestaltet, dass das übrige Trommelfell dem Zuge der Sehne des Musc. tensor. tymp. noch das Gleichgewicht hielt und keine Retraction derselben erfolgte. (Vergl. hierzu den Abschnitt „die Binnenmuskeln des Ohres“ in der dritten Abtheilung.) Bei Gruppe III dagegen trat diese schon zeitweise ein, wurde aber durch das den Versuchen vorhergehende P. V. einigermassen für mehrere Tage neutralisirt.

Gruppe IV glaubte ich trotz ihrer Complicationen einreihen zu dürfen, weil sie so wichtige und constante Perceptionsresultate zeigte, welche im Verhältniss zur Grösse des Defectes standen; und weil sie mit den Gruppen I, II und III ein System vom kleineren zum grösseren Trommelfelldefect aufzurichten gestattete. Das Herabsinken der Hörw. in den Pausen und die bedeutende Besserung nach dem P. V. erklärt sich aus dem Uebergewichte der Sehne des Musc. tensor. tymp. bei solchen grossen Verlusten der Membran und aus dem durch das P. V. bewirkten momentanen Herstellen des Gleichgewichtes in den betreffenden Theilen.

V. Gruppe.

Vollkommener Defect des Trommelfelles und Verlust von Hammer und Ambos.

1. Jean W., 34 Jahre alt, von Hanau, kam am 6ten Januar 1868 in meine Behandlung. Trotz seiner aus der Kindheit schon datirenden Schwerhörigkeit ist er intelligent, von lebhaftem Gesichtsausdruck. Die Schwerhörigkeit des rechten Ohres war seit Jahren ziemlich constant, zuweilen zeigte sich etwas dünner, schleimiger Ausfluss; dagegen hat die Schwerhörigkeit des linken Ohres in den letzten Jahren bedeutend zugenommen. Patient ist sehr unglücklich über den profusen, sehr übelriechenden und zuweilen mit Blut untermischten Ausfluss aus diesem Ohre. Schmerzen waren R. nicht vorhanden, wenigstens weiss sich Patient nicht mehr daran zu erinnern. L. sind sie zeitweise noch beträchtlich.

Sausen ist R. nicht vorhanden, L. zuweilen ein Klopfen und Knall mit momentaner Besserung des Gehörs. Erbliche Anlage ist nicht nachweisbar. Nasen- und Rachenschleimhaut normal.

Die Stimmgabel a^1 wird vom ä. Gehörg. aus R. deutlich, L. schwach, von dem Scheitel aus R. schwach, L. sehr stark percipirt, ebenso wird das Uhrticken L. von der Schläfe aus bedeutend verstärkt gehört. Vom ä. Gehörg. dagegen R. 1″, L. nicht.

Die Sprache R. 16′ l., L. 10′ l.

Rechtes Ohr.

Ä. Gehörg. normal weit, feucht, ohne Cerumen, im Grund etwas schleimiges Secret. Das Trommelfell fehlt bis auf einen schmalen sichelförmigen Rand nach vorn und oben vollständig. Die Schleimhaut der freiliegenden Paukenhöhle ist mässig geröthet mit verschiedenen kleinen Lichtreflexen; im hinteren oberen Quadranten des Beleuchtungsbildes erscheint als gelblich aus der rothen Umgebung hervorragender Punct das Stapesköpfchen, von Hammer und Ambos bemerkt man keine Spur. Die Tuba erweist sich gut durchgängig. Beim P. V. zischt die Luft breit durch, darauf steigt die Hörw. auf 6″ für die Uhr, 23′ l. für die Sprache. Dabei fiel mir gleich damals auf, dass die Perception der Sprache für einzelne Worte so ausserordentlich verschieden war. Ich notirte damals, als ich diese Arbeit noch gar nicht begonnen hatte: „Die Vocale werden alle relativ gut gehört, während die Consonanten sehr oft verwechselt werden oder ganz ausfallen. Am schlechtesten scheint der R-Laut verstanden zu werden.“

Verlauf und Behandlung.

Die Behandlung dieses Ohres bestand in abwechselnder Lufteintreibung mittelst Catheder und P. V. und Instillation von leichter Zinklösung (Zinc. sulfuric. 0,5, Aqua destill. 150) und liess sich bald eine Abnahme des noch vorhandenen Paukenhöhlencatarrhes constatiren. Die Hörw. wurde vom September vorigen Jahres an ziemlich constant, hob sich aber momentan stets etwas nach dem P. V. oder nach der Lftd. Vor dem P. V. betrug

sie Ende Januar dieses Jahres 6″ für die Uhr, 16′ m. i. Z., nach dem P. V. 1′ für die Uhr und für einzelne besonders günstige Worte 26′ m. i. Z.

Die P.höhlschlht erschien gelbroth mit einzelnen Gefässramificationen, die Nische des runden Fensters nach unten angedeutet, neben dem Köpfchen erschien jetzt auch der eine Schenkel des Stapes. Im ä. Gehörg. befand sich etwas normales Cerumen.

Das Beleuchtungsbild, wie es sich am 1ten Februar des Jahres 1868 darstellte, wird durch Fig. 7 der Tafel veranschaulicht.

Linkes Ohr.

Schon bei der einfachen Betrachtung des Ohres ohne Spiegel und Trichter zeigt sich der Gehörgang fast vollständig von einer polypösen Wucherung ausgefüllt. Der alsbald durch die Wilde'sche Schlinge in zwei grossen Stücken entfernte Polyp war von mässiger Consistenz, höckerig; sein Stiel sass an der unteren Paukenhöhlenwand (wie sich später zeigte), nahe am Annulus tympanicus. Ich liess bald nach der Operation das P. V. folgen und hatte die Freude, eine sofortige beträchtliche Besserung der Hörw. constatiren zu können. Die Uhr wurde jetzt beim Anlegen an die Ohrmuschel deutlich gehört, die Sprache 16′ m. i. Z. Im Gesichtsfeld präsentirte sich für jetzt eine gleichmässig geröthete und aufgelockerte Fläche mit verschiedenen Lichtreflexen, an welchen kein einzelner Theil der Gehörknöchelchen zu unterscheiden war.

Verlauf und Behandlung.

Es wurden abwechselnd Luftdouche und P. V. angewendet, Anfangs täglich, später mit längeren Pausen. Zu Haus liess ich Zinklösung instilliren. Die Secretion aus der Paukenhöhle nahm unter dieser Behandlung beträchtlich ab. Die Hörw. betrug Anfangs März 3″ für die Uhr, 17′ m. i. Z. für die Sprache.

Es zeigte sich jetzt eine vom Boden der Paukenhöhle aufwachsende granulirte Masse, wahrscheinlich vom Stiele des entfernten Polypen herrührend, welche durch mehrmaliges Aetzen mit dem auf einen Silberdraht aufgeschmolzenen Lapiskügelchen entfernt wurde. Der Hammergriff und Proc. brev. waren jetzt deutlich zu unterscheiden. Der obere Theil des Trommelfelles war erhalten, die untere grössere Hälfte dagegen vollständig verloren. Der Hammergriff erschien in perspectivischer Verkürzung, ob er die gegenüberliegende Wand des Promontoriums berührte, liess sich nicht entscheiden. Die Hörw. blieb auf diesem Ohr trotz Erhaltung der Gehörknöchelchenkette relativ schlechter als auf dem anderen, welches nur noch den Stapes aufzuweisen hatte, dagegen eine relativ mehr normalisirte Phöhlschlht. darbot.

2. Frau Sch., 32 Jahr alt, von Hanau, kam am 21ten Juli 1868 in meine Behandlung. Sie datirt ihr Leiden aus der Kindheit, indem sie als 12½jähriges Mädchen einen sehr schweren Typhus überstanden hat. Sie ist hager, unvollkommen weiblich entwickelt, noch nie menstruirt gewesen,

kinderlos. In der Höhe des Typhus hatte sie furchtbare Ohrenschmerzen, nachher sehr profuse Eiterung, welche links früher, rechts später versiechte, doch war das rechte Ohr immer noch von Zeit zu Zeit feucht. Seit einer Reihe von Jahren ist die Schwerhörigkeit R. constant, L. mit unbedeutenden Abwechslungen. Sausen erinnert sie sich nicht gehabt zu haben. Erbliche Anlage zu Ohrenleiden ist nicht nachweisbar.

Die Stimmgabel a[1] wird R. sowohl vom ä. Gehörg. als auch von den Kopfknochen aus schwächer als L. percipirt.

Knochenleitung für das Uhrticken überall deutlich, vom ä. Gehörg. aus wird es R. beim Anlegen, L. auf 2″ gehört. Die Sprache R. 18′ l., L. 20′ l. i. Z., aber gleich damals fiel mir auf, dass die Sprache L. viel gleichmässiger als R. gehört wurde.

Status praesens.

a) Rechtes Ohr. Ae. Gehörg. mässig weit, trocken, der knöcherne Theil etwas stärker als gewöhnlich nach abwärts geneigt.

Im Gesichtsfeld erscheint eine gleichmässige, glänzende, gelbgraue Wand mit leicht röthlichem Anfluge, im unteren Theile tritt vor ihr noch ein schmaler, mondsichelförmiger Streifen heraus, an der Wand mehrere ungleichmässige Lichtreflexe. Diese Wand imponirte zuerst als Trommelfell, nach mehrmaliger Untersuchung auch mit der Sonde, und weil die Luft bei der Lftd. breit durchzischte, erkannte ich, dass die Wand des Promontoriums und das Trommelfell bis auf den unteren Rest zerstört, Hammer und Ambos verloren seien.

Verlauf.

Das Bild blieb stets dasselbe, nach der Lftd. zeigte sich zuweilen eine ganz unbedeutende Besserung der Hörw.; im ä. Gehörg. von Zeit zu Zeit etwas Secret, dünn schleimig.

b) Linkes Ohr. Im Grund des ä. Gehörg. findet sich etwas eingedicktes Cerumen, nach dessen Entfernung erscheint das Trommelfell unregelmässig, in der unteren Hälfte eine grössere Narbe. Hammergriff gelb, etwas verdickt, Proc. brev. etwas vorspringend.

Bei der Lftd. zuerst etwas Rasseln, nachher freier Einstrom. Die Narbe erscheint vorgewölbt. Die Hörw. steigt unmittelbar nach der Lftd. auf 28′ l. i. Z., sinkt aber nachher bald wieder zurück.

Auch auf diesem Ohre blieb der Zustand während einer längeren Beobachtungszeit ganz stationär.

3. Robert W., $10\frac{1}{2}$ Jahr alt, von Hanau, gehört bezüglich seines rechten Ohres in diese Gruppe V. Die beziehentliche Krankengeschichte findet sich unter Gruppe II, No. 2., S. 102.

4. Franz K., $5\frac{3}{4}$ Jahre alt, von Hanau. Am 20ten März 1868 wurde ich gelegentlich eines Vortrages, welchen ich im litterarischen Verein

zu Hanau über den Bau und die Krankheiten des menschlichen Ohres hielt, von dem mir befreundeten Vater des Knaben consultirt, weil der bis dahin angeblich gesunde und kräftige Knabe seit fünf Tagen über heftigen Schmerz im Kopf, besonders in der Schläfengegend und im Epigastrium klage, Abends heftig fiebere und Nachts delirire; der behandelnde Arzt glaube, dass Magencatarrh vorhanden sei: da aber das Kind schon seit drei Jahren nach Scharlachfieber an starkem und übelriechendem Ohrenfluss gelitten habe, welcher mit Eintreten dieses jetzigen Zustandes aufhörte, so bat mich der inzwischen doch etwas ängstlich gewordene Vater, nach Zustimmung des Hausarztes, den kleinen Patienten andern Tags zu besuchen.

Status praesens.

Ich fand einen kräftigen, gut entwickelten Knaben, welcher auf Befragen über zeitweise bohrende Schmerzen in beiden Schläfengegenden klagte, und öfters kurz und trocken hustete, ohne dass ich an den Brustorganen irgend etwas Abnormes hätte entdecken können. Vorher war mehrmals Erbrechen erfolgt. Der Unterleib war eingezogen, der Stuhlgang seit mehreren Tagen sehr retardirt, die epigastrische Gegend wie der ganze Unterleib bei der Palpation nirgends schmerzhaft. Der Kopf heiss, das Gesicht lebhaft geröthet, Patient ist sehr unruhig und weint viel. Der Puls ist relativ langsam, 68 in der Minute. Nahm man die Anamnese und diese Symptomengruppe zusammen, so konnte man eine Gehirnreizung, welche sich namentlich in dem Verhalten des Nerv. vagus documentirte, auch ohne Untersuchung der Ohren mit einiger Sicherheit nachweisen.

Die Untersuchung der Ohren ergab Folgendes:

Im Grunde beider Gehörgänge, welche etwas geschwollen und geröthet waren, viel eingedickte käsige Eitermassen, welche durch Ausspritzen entfernt wurden. Darauf präsentirte sich beiderseits im Gesichtsfeld eine gleichmässig geröthete und aufgelockerte Wand, an welcher kein einzelner Theil zu unterscheiden war. Die Hörw. war sehr reducirt, die Uhr wurde nur beim Anlegen, aber überall von den Kopfknochen aus, die Sprache beiderseits auf 4′ l. i. Z. gehört. Beim P. V. erfolgte erst nach mehrmaligen vergeblichen Versuchen Durchzischen beiderseits und wurden noch einige käsige Massen aus der Paukenhöhle vorgetrieben und ausgespritzt. Darauf war Patient sichtlich erleichtert. Die Hörw. stieg um das Doppelte.

Verlauf und Behandlung.

Ich verordnete Eisumschläge auf den Kopf, zwei Blutegel hinter jedes Ohr und ein mildes salinisches Laxans. Die Reinigung der Ohren übernahm ich selbst.

Anderen Tags war das Allgemeinbefinden des Patienten beträchtlich gebessert, mehrmals Stuhlgang erfolgt, der Schlaf war ruhiger, weniger Schmerz im Kopf. In den nächsten Tagen verschwanden auch die übrigen Hirnreizsymptome.

Nach acht Tagen war der kleine Patient ausser Gefahr. Die Otorrhöe dauerte aber dann noch reichlich fort: nach Zinc.sulf.-Lösung wurde die Secretion

mehr schleimig und trat mehr Abschwellung der Theile im Ohr ein, so dass man Einzelnes unterscheiden konnte. Am 3ten Juni notirte ich: „Rechts im Gesichtsfeld nach oben und vorn erscheint der Proc. brev. aus einer sichelförmigen Falte des Trommelfelles vorspringend, das übrige Trommelfell scheint verloren, die sichtbare Phöhlschlht mehr abgeschwollen, rosaroth. Uhr 6″, Sprache 25′ m. i. Z. Links wenig Secret, im ä. Gehörg. vom Trommelfell keine Spur, im ganzen Gesichtsfeld die blassrothe P.höhlschlht, im hinteren oberen Quadranten das Köpfchen des Stapes. Hörw. für die Uhr 6″, Sprache 20′ l., doch zeigen sich vielfache Verwechselungen der Consonanten. In der nächsten Zeit sah ich den kleinen Patienten alle acht bis vierzehn Tage. Die Secretion aus der Paukenhöhle war zeitweise stärker, zeitweise schwächer. Die Anwendung des P. V. mit grösseren Pausen erwies sich als günstig, der Knabe wurde gesprächiger und munterer, die Hörw. besserte sich jedoch nicht erheblich mehr und so entliess ich ihn am 20ten November 1868.

5. Heinrich R., 8½ Jahr, aus Kilianstätten, kam am 30ten Mai 1868 in meine Behandlung. Schwach entwickelter, ängstlicher Knabe, leidet seit fünf Jahren an Otorrhöe, welche in der Höhe des Scharlachfiebers sich einstellte und fortwährend sehr profus und übelriechend war. R. zuweilen etwas Sausen, Schmerz zuweilen beiderseits. Constante Schwerhörigkeit. Profuse dünne Secretion und Auflockerung der Nasenschleimhaut. Die Prüfung der Hörw. ergiebt: die Stimmgabel wird vom ä. Gehörg. und vom Scheitel aus R. schwach, L. stärker gehört. Das Uhrticken von der Schläfe aus R. nicht hörbar, L. deutlich, vom ä. Gehörg. aus weder R. noch L. Die Sprache wird beiderseits auf 3′ l. percipirt.

Status praesens.

Rechts im ä. Gehörg. viel übelriechende käsige und flüssige Eitermassen, welche fast den ganzen Gehörg. ausfüllen. Das Trommelfell fehlt vollständig, von Hammer und Ambos keine Spur. Die vorliegende P.höhschlht ist aufgelockert dunkelroth, im hinteren oberen Quadranten hebt sich jedoch das Stapesköpfchen als gelblicher Punct deutlich ab.

Links im ä. Gehörg. viel dünner und käsiger Eiter, beim Ausspritzen erscheint ein Fliegenkörper unter dem Secret. Das Trommelfell fehlt gleichfalls, die P.höhlschlht stark geröthet aufgelockert, von Hammer und Ambos keine Spur. Die beiden Tuben erweisen sich als sehr schwer durchgängig, bei der Lftd. dringt nur zeitweise etwas Luft in die Paukenhöhle.

Verlauf und Behandlung.

Die Behandlung musste hauptsächlich auf Verminderung der die Kräfte des Patienten schwer beeinträchtigenden Eiterung und auf Besserung der Nasen-, Rachen- und Paukenhöhlenschleimhaut gerichtet sein. Ich liess Zinklösung instilliren, die Weber'sche Nasendouche brauchen und versuchte

zwei bis drei mal wöchentlich die Luftdouche; ausserdem liess ich den Patienten Charpiewicken in den Ohren tragen. Da trotz dieser Behandlung keine wesentliche Besserung in dem Verhalten der P.höhlschlht eintrat, so versuchte ich die erst kurz vorher von Schwarze empfohlene Cauterisation.*) Nachdem ich in der von ihm angegebenen Weise am 1ten, 7ten und 18ten Juli und am 8ten, 15ten August, sowie am 5ten und 26ten September beide Paukenhöhlen mit einer Lösung von 1,5 Argent. nitric. auf 30 Aqua destill. geätzt hatte, ohne dass Patient den mindesten Schmerz dabei empfand, zeigte sich allerdings die P.höhlschlht beträchtlich abgeschwollen, mehr rosaroth und wie gefaltet, die Secretion wurde mehr schleimig und weniger profus. Links erschien jetzt im Beleuchtungsbilde im hinteren oberen Quadranten das Stapesköpfchen und der eine Schenkel. Die Hörw. war beiderseits etwas gebessert. Doch war dieser Erfolg nur von kurzer Dauer, die Schwellung und Secretion der P.höhlschlht nahm bald wieder zu, wenn auch nicht in dem Grade wie früher. Ich ordnete desshalb für die nächsten Monate nur die zeitweise Instillation von Salzwasser an. Als ich nach vier Monaten den kleinen Patienten wiedersah, hatte sich seine körperliche Entwicklung beträchtlich gehoben, sein Aussehen war blühend, der Gesichtsausdruck lebhafter. Die Secretion aus den Paukenhöhlen mässig und mehr schleimig, die Schleimhaut aber wieder etwas mehr aufgelockert und geröthet. Die Hörw. ziemlich constant 10′ l. bot ganz ähnliche Perceptionsanomalien wie diejenige der übrigen Patienten dieser Gruppe. Auch nach weiteren vier Monaten hat sich der Zustand der Paukenhöhlen nicht wesentlich verbessert.

6. Christian G., 13 Jahr alt, aus Spielberg, kam am 20ten November 1868 in meine Behandlung. Das Ohrenleiden des kräftig und blühend aussehenden Knaben ist vor sechs Jahren in der Höhe des Scharlachfiebers entstanden. Zuerst sehr heftige Schmerzen und grosse Schwerhörigkeit, dann profuser Ausfluss aus beiden Ohren, auch Singen und Pfeifen zeitweise stellte sich ein; dabei ist starke Schwellung und Secretion der Nasenschleimhaut. Die Prüfung der Hörw. ergiebt: Die Stimmgabel c^0 wird vom ä. Gehörg. aus R. stärker als L., vom Scheitel aus R. schwächer als L. percipirt. Die Knochenleitung für das Uhrticken überall gleichmässig gut. Die Uhr wird vom ä. Gehörg. beiderseits beim Anlegen gehört, die Sprache beiderseits 3′ l.

Status praesens.

Rechts. Im ä. Gehörg., welcher geröthet und arrodirt ist, zeigt sich eine mässige Menge käsigen, eingedickten Eiters, nach dessen Entfernung im Gesichtsfeld eine rothe, granulirte Wand. Auch bei späteren Untersuchungen erscheint nirgends eine Spur von Hammer oder Ambos.

---

*) Vgl. Schwarze, Die kaustische Behandlung eitriger Ohrcatarrhe. Archiv der Ohrenheilkunde IV, i, pag. 1 u. fg.

L. ist ganz derselbe Zustand.

Beide Tuben sind stark verengt, erst nach längerer Behandlung tritt etwas Luft bei der Lftd. durch.

Verlauf und Behandlung.

Die im Gesichtsfelde liegende granulirte Fläche ätzte ich zwei bis drei mal wöchentlich mit dem mitigirten Lapisstift, liess zu Hause Zinkwasser instilliren und machte täglich die Lftd. Die Eröffnung der Tuba bewirkte auch in diesem Falle jedesmal auf kurze Zeit eine Besserung der Hörw. um mehrere Fuss. Dann entliess ich den Patienten auf vier Wochen. Bei seiner Rückkehr im Januar 1869 fand ich links im hinteren oberen Quadranten das Köpfchen des Stapes, die P.höhlschlht mehr rosaroth und faltig, R. aber war das Stapesköpfchen nicht sichtbar, die Hörw. nicht wesentlich gebessert; dabei war immer noch zeitweises Sausen vorhanden. Patient hört die Vocale und lernt jetzt von seinem Vater, welcher ein ganz intelligenter Lehrer ist, die Consonanten vom Munde absehen, so dass er, während der Sprechende sich abwendet, sehr wenige, wenn er sich ihm aber zuwendet, sehr viele Worte aufzufassen im Stande ist, indem er die Vocale hört und die dazu gehörigen Consonanten vom Munde abliest. Die Secretion aus der Paukenhöhle ist sehr gering.

Epicritische Bemerkungen.

Aus den eben erörterten Krankengeschichten ist ersichtlich, dass die drei erstgenannten Patienten Jean W., Robert W. und Frau Sch. bezüglich ihrer rechten Gehörorgane sehr grosse Uebereinstimmung darbieten. Zur Zeit der Perceptionsversuche erscheint bei ihnen gleichmässig nach längerer Beobachtung der Krankheitsprocess abgelaufen, die P.höhlschlht ziemlich normal secernirend, gelbroth; der Verlust von Trommelfell, Hammer und Ambos ist zweifellos. Bei Jean W. und Robert W., Oheim und Neffe (Fall 1 und 3) ist im hinteren oberen Quadranten des Beleuchtungsbildes das Stapesköpfchen sichtbar, bei Jean W. allein auch die etwas dunkel schattirte Einbiegung nach dem runden Fenster zu. Dass bei Frau Sch. das Stapesköpfchen, resp. der Stapes, obwohl er nicht im Gesichtsfeld sich zeigt, doch als vorhanden angenommen ist, hat nichts Auffallendes, da nach Politzer (l. c.) dasselbe nicht immer sichtbar ist, selbst bei vollkommenem Verlust des Trommelfelles. Eine plausible anatomische Begründung dieser Thatsache glaube ich darin zu finden, dass der knöcherne Theil des ä. Gehörg. etwas stärker als gewöhnlich nach abwärts und vorn geneigt ist; hierbei verdeckt der hintere obere Theil des Annulus tympanic. die Aussicht auf das Stapesköpfchen; bei den übrigen Pa-

tienten ragte es mehr oder weniger beträchtlich ins Gesichtsfeld, bei einigen war die Neigung des ä. Gehörg. sogar so günstig, dass der eine Schenkel des Stapes noch mit sichtbar wurde. Dass bei Frau Sch. (Fall 2) der Stapes erhalten sein muss, und zwar in seinen Bewegungen nicht wesentlich beeinträchtigt, ergiebt sich aus der Hörw. von 18′ für einzelne laut im Zusammenhang gesprochene Sätze, welche unmöglich wäre, wenn der Stapes oder die Membran des ovalen Fensters durch den vorausgegangenen Eiterungsprocess wesentlich gelitten hätte; es wäre in diesem Falle wohl auch Sausen vorhanden oder doch vorhanden gewesen. Die Hörw. für Sprache und Uhr, soweit dieselbe eben bei dem bestehenden Defect möglich ist, differirt bei den drei Patienten (Fall 1, 2, 3) nicht bedeutend. Robert W. zeigt bezüglich der Entfernung etwas günstigere Perceptionsverhältnisse als die beiden anderen, welche nahezu gleiche Hörw. haben.

Da die drei genannten Patienten auch den übrigen oben von mir aufgestellten Erfordernissen entsprachen, so hielt ich sie für geeignet zur Beantwortung der wichtigsten Frage:

„Wie verhält sich das menschliche Ohr nach Verlust von Trommelfell, Hammer und Ambos gegen die Schallwellen?“

einen brauchbaren Anhaltspunct zu geben.

Der Gegensatz, wesshalb ich die Fälle 4, 5 und 6 ausschied als nicht vollständig geeignet zur Verwerthung der Perceptionsresultate, ergiebt sich aus den folgenden Betrachtungen. Fall 4, Franz K., wäre wohl schliesslich wegen des Zustandes der P.höhlschlht seines linken Ohres geeignet gewesen, war aber zu jung und hatte eine zu undeutliche Aussprache; Fall 5, Heinrich R. bietet bezüglich seiner P.höhlschlht noch zu ungünstige Verhältnisse; das Stapesköpfchen zeigt sich bei ihm zwar freiliegend, aber die P.höhlschlht ist noch lange nicht annähernd normalisirt, die relative Hörw. beträgt nur 8′ l. Ausserdem ist Patient, wie seine Mutter immer wieder von Neuem zu versichern pflegt, „ein gar zu verzagtes Bauernbübchen“.

Christian G. (Fall 6) zeigt beträchtliche Verengerung der Tuben und Schwellung der P.höhlschlht, hat wahrscheinlich Veränderungen an den Fenstermembranen, öfters Sausen und sehr beträchtliche Reduction der relativen Hörw.

Wenn ich trotz der Unbrauchbarkeit der drei eben genannten Patienten zur Verwerthung ihrer Perceptionsresultate dennoch ihre bezüglichen Krankengeschichten vollständig gab, so glaubte ich

mich entschuldigt mit der Annahme, dass sie die verschiedenen Stadien der in der Höhe der Infectionskrankheiten entstandenen Defecte des schallzuleitenden Apparates in Verbindung mit dem früher erwähnten Reinhold H., und den drei erst genannten Robert W., Jean W. und Frau Sch. darstellen helfen, und wohl auch geeignet seien, manche Anhaltspuncte über Verlauf, Symptome und Behandlung zu bieten.

Vierter Abschnitt.

Perceptionsversuche für die erste Gruppe.

Fig. 3 der Tafel.

a. Die Vocale.

Wenn wir den vorliegenden Trommelfelldefect und den acustischen Character der Vocallaute berücksichtigen, so wird es nicht besonders auffällig erscheinen, dass diese von dem defecten Ohre am besten unterschieden werden. Die Tonstärke derselben ist eine verhältnissmässig so bedeutende, die Fülle ihrer regelmässigen Schallwellen und ihre Klangfarbe eine so reiche, die Entfernung, in der ich prüfte, war gegenüber der allgemeinen Hörweite eine so geringe, dass eine wesentlich veränderte Perception dieser Laute nicht wohl erklärlich sein würde.

Es wurden daher unter 260 Versuchsworten nur 7 Veränderungen in der Auffassung der Vocalklänge bemerkt, und zwar bezogen sich diese meist auf Verwechslung zweier der Tonhöhe nach nahe liegender Voccallaute.

Statt U wurde viermal O gehört, nämlich:

1. Statt Rund wird gehört*): 2 Wolf, 1 Hund.
2. „ Kuhfus „ „ : 2 Kokus, 1 Uhu, Kukus.

*) Die dem falsch gehörten Worte vorgesetzten Zahlen bedeuten, wie viele Male das vorgesprochene Wort falsch und wie oft es richtig aufgefasst wurde.
So ist z. B. die Position: „Statt Rund wird gehört: 2 Wolf, 1 Hund“ abgekürzt und soll heissen:

Statt Ü wird zweimal E, zweimal Ö und einmal I; statt I wird zweimal E und einmal Ü gehört.

Der dem U characteristische Ton macht 16 × 11, der dem O characteristische Ton macht 32 × 14, der dem Ü characteristische Ton 32 × 48, der dem Ö characteristische 32 × 34, der dem E characteristische 32 × 56, der dem I characteristische macht 32 × 72 Schwingungen in der Secunde. Die Erklärung für die Verwechslung dieser Tonverhältnisse in der angegebenen Art kann ich erst später zu geben versuchen, ich beschränke mich hier darauf, zu constatiren, dass keine Verwechslung zwischen zwei sehr weit in der Scala von einander stehenden Vocalen, z. B. etwa zwischen U und I, oder O und E beobachtet wurde.

3. Statt	Sünde	wird gehört:	2 Sende, 1 desgl.
4. „	Türk	„ „	2 Dörf.
5. „	Mütze	„ „	1 Bitte, 1 desgl.
6. „	Tief	„ „	1 Küh, 1 Diel.
7. „	Jagdflinte	„ „	1 Jagdgebe, 1 Jagdgegend.

Es folgt aus diesen Versuchen, dass kleinere Trommelfelldefecte, wie sie die erste Gruppe repräsentirt, in der Auffassung der Vocallaute keine wesentlichen Veränderungen in Bezug auf das Zahlenverhältniss hervorzubringen im Stande sind; denn aus der Zahl von 260 Versuchsworten werden nur sieben in den Vocalen falsch aufgefasst.

---

b. Die Consonanten.

1. Die Perception des B-Lautes.

Veränderte Auffassung dieses Lautes liess sich für folgende Positionen constatiren:

Statt	Bader	wird gehört:	1 Vater, 1 desgl.
„	Bäulen	„ „	1 Räulen, 1 desgl.

Statt Rund wird gehört: zweimal Wolf, einmal Hund.

„ Kuhfus „ „ zweimal Kokus, einmal Uhu und einmal Kukus.

Die Position „Statt Sünde wird gehört: 2 Sende, 1 desgl.“ bedeutet, dass „statt Sünde gehört wird: zweimal Sende, einmal Sünde“. Die Bezeichnung „desgl.“ bezieht sich also jedesmal auf die Uebereinstimmung mit dem vorgesprochenen Worte. Wenn ich in diesem Falle also dreimal „Sünde“ vorgesprochen habe, so hat der Patient zweimal Sende und einmal Sünde nachgesprochen.

Statt	Bitter	wird	gehört:	1 Splitter, 1 desgl.
„	Born	„	„	1 Korn, 1 Worm.
„	Binde	„	„	1 Winde, 1 Zinde, 1 desgl.
„	Bunt	„	„	2 Wunsch, 1 Bunsch.
„	Schoppen	„	„	1 Schopf, 1 desgl.
„	Halb	„	„	2 Halt, 2 desgl.

Resultat: 8 Worte; der B-Laut wird 12mal verändert,
8mal richtig percipirt.

Ich stellte nun behuf Feststellung des Verhältnisses der regelrechten Auffassung des Versuchslautes zur veränderten oder gänzlich ausgefallenen Auffassung folgende Berechnung an:

In den übrigen hier nicht genannten 39 Versuchsworten, in welchen ein B-Laut zu Anfang, Mitte oder Ende des Wortes vorkam, wurde derselbe richtig aufgefasst; da durchschnittlich jedes Wort zweimal vorgesprochen wurde, so würden sich hieraus $2 \times 39 = 78$ richtige Auffassungen des B-Lautes ergeben, hierzu werden die richtigen 8 Auffassungen, wie sie die vorstehende Tabelle notirt, hinzugezählt. So finden wir, dass in $39 + 8 = 47$ Versuchsworten der B-Laut $78 + 8 = 86$mal richtig, und wie sich gleichfalls aus vorstehender Tabelle ergiebt, 12mal verändert zur Perception gelangt ist; wir finden also das Verhältniss der Perception zur Nichtperception, resp. veränderten Perception des B-Lautes

$$86 : 12, \text{ oder abgerundet}$$
$$84 : 12 = 7 : 1,$$

oder nach Procenten berechnet etwa 14% Nichtperception. Vergl. die Schlusstabelle.

2. Die Perception des K-Lautes.

Eine veränderte Auffassung des K-Lautes liess sich für folgende Positionen constatiren:

Statt	Kranz	wird	gehört:	2 Ranz.
„	Kraut	„	„	1 Haut, 1 Rauch.
„	Kuhfus	„	„	2 Kokus, 1 Uhu, 1 Kukus.
„	Keule	„	„	1 Beule, 1 desgl.
„	Türk	„	„	2 Dörf.
„	Trunk	„	„	1 Darum, 1 Rum, 1 desgl.

Resultat: 6 Worte, K Laut 10mal verändert oder nicht gehört,
5mal richtig gehört.

Das K scheint vor R an Intensität zu verlieren, ebenso auch wenn es ein Wort schliesst, während ihm ein andrer Consonant vorausgeht. Daraus erklärt sich vielleicht die schwierige Perception des K-Lautes in den Worten Kranz, Kraut und andrerseits Türk und Trunk. In dem Worte Trunk vereinigt sich noch der dunkle Vocal U, ebenso wie in Kuhfus, um den K-Laut abzuschwächen und theilweise zu decken.

Berechnung: Vollständig richtig wird der K-Laut percipirt in den übrigen 27 Versuchsworten, also $2 \times 27 + 5 = 59$mal richtig und 10mal verändert oder verloren. Also

59 : 10 oder nahezu 17% Nichtperception,
abgerundet 66 : 10 = 6 : 1.

3. Die Perception des T-Lautes.

Folgende Positionen zeigten eine veränderte und mangelhafte Perception des T-Lautes:

Statt	Traurig	wird gehört:	1 Tauben, 1 desgl.
„	Drache	„ „	1 Rache, 1 Karre, 1 Krappe, 1 Rappe.
„	Soden	„ „	1 Todten, 1 Blos, 1 Sosen.
„	Leiste	„ „	1 Leise, 1 desgl.
„	Freund	„ „	2 Weun.
„	Bunt	„ „	2 Wunsch, 1 Bunsch.
„	Kraut	„ „	2 Grau.
„	Hartkopf	„ „	1 Hakopf, 1 Abkopf.
„	Husten	„ „	1 Busel, 1 desgl.
„	Hund	„ „	1 Wunsch, 1 Bunt.
„	Halstuch	„ „	1 Hausflur, 1 desgl.
„	Zinsen (Ts)	„ „	2 Sinsen.
„	Aufsicht	„ „	1 Aufstieg, 1 Aussich.
„	Tisch	„ „	1 Fisch, 1 desgl.
„	Tief	„ „	1 Küh, 1 Diel.
„	Trunk	„ „	1 Darum, 1 Rum, 1 desgl.
„	Tiefsucht	„ „	2 Viezucht.
„	Lende	„ „	1 Fläche, 1 desgl.
„	Rund	„ „	2 Wolf, 1 Hund.
„	Windrose	„ „	1 Bingros, 1 Bibrosse.
„	Tasse	„ „	2 Casse.

Resultat: 21 Worte. T-Laut 11mal richtig,
33mal verändert percipirt.

Vollständig richtig wurde der T-Laut in den übrigen 91 Versuchsworten aufgefasst. Es berechnet sich daher das Verhältniss der Perception zur Nichtperception:

$$91 \times 2 = 182 + 11 : 33$$
$$= 193 : 33, \text{ oder abgerundet}$$
$$192 : 32$$
$$6 : 1.$$

Das Verhältniss 192 : 33 in Procenten ausgedrückt würde nahezu 17 % Nichtperception ergeben.

Ich lege im Allgemeinen für den vorliegenden Zweck den gefundenen Zahlen keinen apodictisch anzupreisenden Werth bei. Denn es können trotz Einhaltung aller Vorsichtsmassregeln bei solchen Versuchen Fehler entstehen, aber im Grossen und Ganzen zeigt diese Procentberechnung wenigsten ein Bild davon, welche Laute dem defecten Ohre günstiger und welche ungünstiger sind. Um so angenehmer ist es, wenn man übereinstimmende Resultate bei verschiedenen Versuchen, welche mit ganz verschiedenen Methoden und ursprünglich in verschiedener Absicht angestellt wurden, aus den Zahlen sich entwickeln sieht.

Wir fanden bereits Aehnlichkeiten in der Klangfarbe und Tonhöhe zwischen dem K-Laut und dem T-Laute, dann aber ein und denselben Tonstärkegrad (63 Schritte) für beide Laute; jetzt präsentirt sich uns auch dasselbe Procentverhältniss der Nichtperception (17 %) von Seiten des defecten Ohres. Auf die dem acustischen Character des Defectes angepasste Erklärung des vorliegenden Resultates kann ich erst im dritten Theil dieses Werkes eingehen.

Eine andere Uebereinstimmung zeigt sich im vorliegenden Versuche zwischen K-Laut und T-Laut in der Art und Weise, wie sie beide vom defecten Ohre vernommen werden, wenn sie mit R in Verbindung treten. In Kr und Rk, in Tr und Rt wird bald das R, bald das K oder T überhört, und bereitet diese Zusammenstellung auch allen übrigen Patienten im steigenden Grade Schwierigkeiten. Es scheint besonders das R bald mehr, bald weniger hervorzutreten und das K oder T zu decken, je nachdem es mit der Zungenspitze oder mit dem Zäpfchen hervorgebracht wird, oder selbst vor dem stärker angegebenen K oder T zu verschwinden. Jedenfalls ist ursprünglich das reine Zungenspitzen-R von geringerer Tonstärke (41 Schritt), als das K oder T, es kann aber mit dem Gaumen und durch Mittönenlassen der Stimmritze sehr viel stärker und rauher und zugleich unangenehmer

das Ohr berühren als K oder T. In unserem Beispiel wird einerseits statt Traurig — Tauben,
andrerseits „ Drache — Rache gehört.

Ich mache noch auf die in den vorliegenden Versuchen besonders deutliche Verwechslung des harten mit dem weichen Consonanten aufmerksam:

Statt	Türk	wird	gehört:	Dörf.
„	Tief	„	„	Diel.
„	Tiefe	„	„	Diesen, Diese.
„	Trunk	„	„	Darum.

Auch für diese Erscheinung werde ich die Erklärung in dem acustischen Character des defecten Trommelfelles zu finden suchen.

4. Die Perception des F-Lautes.

Statt	Feder	wird	gehört:	1 Bäder, 1 Fäser.
„	Führer	„	„	1 Thüre, 1 Thür.
„	Fuhrmann	„	„	2 Thurmann.
„	Freund	„	„	2 Weun.
„	Viere	„	„	1 Thiere, 1 desgl.
„	Kuhfus	„	„	2 Kokus, 1 Kukus, 1 Uhu.
„	Tief	„	„	1 Diel, 1 Küh.
„	Hofer	„	„	2 Obe.
„	Ofen	„	„	2 Oben.
„	Aufsicht	„	„	1 Aufstieg, 1 Aussich.
„	Tiefe	„	„	1 Diesen, 1 Diese.
„	Tiefsucht	„	„	2 Viezucht.
„	Farben	„	„	2 Barben.
„	Filipp	„	„	1 Fillich, 1 desgl.
„	Staffel	„	„	1 Stappel, 1 desgl.

Resultat: 15 Worte. F-Laut 5mal richtig,
26mal verändert oder verloren.

Berechnung. In den übrigen 17 Versuchsworten wird das F richtig gehört, also $2 \times 17 + 5 = 39$mal richtig. Dagegen 26mal falsch.

$$39 : 26 = 3 : 2$$

oder $66\frac{2}{3}$ % Nichtperception. Es ist sonach der F-Laut von allen Lauten für diese Gruppe der relativ ungünstigste. Wir fanden bei Betrachtung des Tonstärkeverhältnisses für das normale Ohr zwischen K und T einerseits und F andrerseits, dass das F stärker als

K und T tönte, wenn der Sprechende direct dem Hörenden den Windstrom des F entgegenströmen liess, dass es aber schwächer als die beiden anderen tönte, wenn der Sprechende nach einer anderen Richtung sich wendete. Ein ähnliches Verhältniss mag hier bei den Versuchen vorhanden gewesen sein, denn die Patienten sassen mir nicht direct gegenüber, sondern seitwärts von mir. — Der F-Laut hat eine milde, weiche Klangfarbe, welche das Ohr an und für sich nicht erheblich anspricht. Immerhin bleibt aber der grosse Procentsatz der Nichtperception bei dieser Patientin etwas auffallend, wenn man überlegt, dass die nächste Gruppe mit grösserem Defecte für die Perception dieses Lautes ein günstigeres Verhältniss aufzuweisen hat.

5. Die Perception des S-Lautes

zeigt sich dagegen der Tonstärkescala vollkommen entsprechend.

Statt	Kuhfus	wird	gehört:	2 Kokus, 1 Uhu, 1 Kukus.
„	Rose	„	„	1 Krone, 1 Grosse.
„	Mütze	„	„	1 Bitte, 1 desgl.
„	Soden	„	„	1 Todten, 1 Blos, 1 Sosen.
„	Säugling	„	„	1 Läuchling, 1 Leuchtling.
„	Süss	„	„	1 Dü, 1 desgl.
„	Silber	„	„	1 Hiber, 1 desgl.
„	Siechthum	„	„	1 Wiedu, 1 Wiethu.

Resultat: 8 Worte. Der S-Laut wird 8mal richtig percipirt,
11mal verändert oder verloren.

In den übrigen 88 Versuchsworten, in welchen ein S vorkam, wurde dieser Laut richtig percipirt.

Also $2 \times 88 + 8 = 184 : 11$, abgerundet $= 187 : 11$,
$187 : 11 = 17 : 1$

oder nahezu 6 % Nichtperception.

6. Die Perception des Sch-Lautes

weist das günstigste Resultat auf, denn alle 18 Versuchsworte werden richtig aufgefasst.

7. Die Perception des R-Lautes.

Statt	Riese	wird	gehört:	1 Fritzte, 1 desgl.
„	Kraut	„	„	1 Haut, 1 Rauch.

Statt	Rund	wird gehört:	2 Wolf, 1 Hund.
„	Ranzen	„ „	1 Tanzen, 1 desgl.
„	Rose	„ „	1 Krone, 1 Grosse.
„	Rollen	„ „	1 Wolle, 1 desgl.
„	Traurig	„ „	1 Tauben, 1 desgl.
„	Drache	„ „	1 Rache, 1 Karre, 1 Krachen, 1 Krappe, 1 Rappe.
„	Hartkopf	„ „	1 Hakopf, 1 Abkopf.
„	Darben	„ „	1 Appel, 1 desgl.
„	Caspar	„ „	2 Caspa.
„	Hofer	„ „	2 Obe.
„	Freund	„ „	2 Weun.
„	Führer	„ „	1 Thüre, Thür.
„	Roth	„ „	1 Brod, 1 desgl.

Resultat: 15 Worte. R-Laut wird 9mal richtig percipirt,
25mal verändert oder verloren.

Hierbei sind als Veränderungen des R-Lautes diejenigen Worte eingerechnet, in welchen statt des reinen R zu Anfang des Wortes Kr, Fr, Br z. B. Roth = Brod, Rose = Grosse, Krone u. s. w. gehört wurde.

In den übrigen 83 Versuchsworten wird der R-Laut richtig percipirt, also

$$2 \times 83 = 166 + 9 : 25$$
$$= 175 : 25 = 7 : 1.$$

Nahezu 14 % Nichtperception.

8. Die Perception des L-Lautes.

Statt	Lügen	wird gehört:	1 Kühchen, Hügel.
„	Lende	„ „	1 Fläche.
„	Milch	„ „	1 Bried, 1 Him, 1 desgl.
„	Silber	„ „	1 Hiber, 1 desgl.
„	Jagdflinte	„ „	1 Jagdgegend, 2 Jagdgebe.
„	Willen	„ „	1 Schwimmen, 1 desgl.

Resultat: 6 Worte. Der L-Laut wird 4mal richtig percipirt,
9mal verändert oder verloren.

In den übrigen 59 Versuchsworten richtig, also

$$2 \times 59 = 118 + 4 : 9$$
$$= 122 : 9, \text{ abgerundet } = 117 : 9 = 13 : 1,$$
$$122 : 9 = 7\tfrac{1}{2}\ \% \text{ Nichtperception.}$$

9. Die Perception des M-Lautes.

Statt	Siechthum	wird gehört:	1 Wiedu, 1 Wietu.
„	Mütze	„ „	1 Bitte, 1 desgl.
„	Milch	„ „	1 Brind, 1 Him, 1 desgl.
„	Hohenheim	„ „	1 Bodenhein, 1 Olenheim.

Resultat: 4 Worte. Der M-Laut wird 3mal richtig percipirt, 6mal verändert.

In den 33 übrigen Versuchsworten richtig, also
$33 \times 2 = 66 + 3 = 69 : 6$, abgerundet $= 66 : 6$, $= 11 : 1$
$= 69 : 6 =$ nahezu $8\frac{1}{2}\,\%$ Nichtperception.

10. Die Perception des N-Lautes.

Statt	Zinnen	wird gehört:	2 Zinne.
„	Wanduhr	„ „	1 Waldflur, 1 desgl.
„	Trunk	„ „	1 Darum, 1 Rum, 1 desgl.
„	Hannes	„ „	1 Alles, 1 desgl.
„	Husten	„ „	1 Busel, 1 desgl.
„	Rund	„ „	2 Wolf, 1 Hund.
„	Schoppen	„ „	1 Schopf, 1 desgl.
„	Rechnen	„ „	1 Rechte, 1 desgl.
„	Born	„ „	1 Korn, 1 Worm.
„	Lende	„ „	1 Fläche, 1 desgl.
„	Lügen	„ „	1 Kühchen, 1 Hügel.
„	Nero	„ „	1 Hero, 1 desgl.
„	Soden	„ „	1 Blos, 1 Todten, 1 Sosen.
„	Darben	„ „	1 Appel, 1 desgl.
„	Rollen	„ „	1 Wolle, 1 desgl.

Resultat: 15 Worte. Der N-Laut wird 15mal richtig percipirt, 18mal verändert oder verloren.

In den übrigen 92 Versuchsworten richtig, also
$2 \times 92 = 184 + 15 = 199 : 18$, abgerundet $= 198 : 18$,
$198 : 18 = 11 : 1 =$ nahezu $8\frac{1}{2}\,\%$ Nichtperception.

Es ist immerhin interessant, dass die drei tonborgenden Consonanten L, M und N, welche in der Definition ihres acustischen Characters so viele ähnliche Eigenschaften aufzuweisen hatten, nun auch für die Perception des defecten Ohres nahezu dieselben Verhältniss-

zahlen ergaben, 13 : 1, 11 : 1, 11 : 1, und dass sie am meisten unter einander von dem defecten Ohre verwechselt werden.

11. Die Perception des W-Lautes.

Statt	Weile	wird	gehört:	1 Beile, 1 desgl.
„	Wetzen	„	„	1 Schwetzen, 1 desgl.
„	Windrose	„	„	1 Bingross, 1 Bilrose.
„	Willen	„	„	1 Schwimmen, 2 desgl.

Resultat: 4 Worte. Der W-Laut wird 4mal richtig percipirt,
5mal verändert.

In den übrigen 10 Versuchsworten richtig, also

$$2 \times 10 = 20 + 4 : 5$$

25 : 5 = 5 : 1, also 20 % Nichtperception.

Ich erinnere am Schlusse dieser Versuchsreihe daran, dass die tonborgenden Consonanten so ausserordentlich günstige Perceptionsverhältnisse darbieten wohl vornehmlich desshalb, weil sie den Vocalen so nahe stehen; namentlich L, M und N werden nur von dem S und Sch übertroffen. Es erübrigt noch einige Worte über die Perception des H-Lautes hinzuzufügen. Unter 34 Versuchsworten waren 2, in welchen das H in der Mitte des Wortes stand, und wurde es 40mal richtig, 8mal verändert percipirt oder fiel aus. Demnach zeigt der H-Laut 20 % Nichtperception, während wir für den B-Laut 14 % Nichtperception notirten. Es reiht sich daher das H dem in der Tonstärke nahestehenden B-Laut an; dieser wurde vom normalen Ohre auf 18, jener auf 12 Schritte gehört.

Fünfter Abschnitt.

Perceptionsversuche für die zweite und dritte Gruppe.

Fig. 4 und 5 der Tafel.

Die zweite und dritte Gruppe habe ich neben einander gestellt, damit man im Einzelnen die Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten der Auffassung, wie sie der kleinere und der grössere Defect darbietet, erkennen kann. Ich berechne dann das Resultat so, dass ich die Perceptionen von Robert W. und Frau G. (II. Gruppe) zusammen, die von Friedrich M. (III. Gruppe) für sich addire.

Wenn ich den Leser hier mit der detaillirten Einfügung der Tabellen verschone und nur die interessanten Einzelheiten hervorhebe, so werde ich dagegen bei der fünften Gruppe genöthigt sein, eine grössere Anzahl von Versuchsworten tabellarisch wiederzugeben, weil bei dieser die Veränderungen in der Auffassung so zahlreich werden, dass es interessant ist, dieselben genauer zu betrachten.

Schon von der zweiten Gruppe an lassen sich beträchtlichere Unterschiede in der Auffassung der Versuchsconsonanten, je nachdem diese am Anfang, in dem Intensitätsmaximum, oder am Ende des Wortes ihre Stellung haben, constatiren; ich werde daher die Perceptionsresultate hiernach gesondert, zuerst jeden dieser Theile für sich und dann gemeinsam das Gesammtresultat der Auffassung des ganzen Lautes berechnen, um so den Procentsatz für die Nichtperception des Lautes in allen seinen Stellungen zu gewinnen.

Was zunächst die Vocale betrifft, so zeigt sich auch bei den vorliegenden beiden Gruppen keine wesentlich schlechtere Auffassung

als bei der ersten. Es werden stets nur solche Vocale mit einander verwechselt, welche sich in der Tonhöhe ziemlich nahe stehen, die zuweilen eintretende Umsetzung der Silben Un in Ol oder Nu in Lo, sowie die des Ar in Au werde ich später zu erklären versuchen, da sie durch alle fünf Gruppen zu verfolgen ist.

Die Perception des B-Lautes.

a. Zu Anfang des Wortes: 10 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	13mal richtig,	3mal	verändert.
Frau G.	„ „	12 „ „	7 „	„
		25mal richtig,	10mal	verändert.
Friedrich M.	„ „	15 „ „	4 „	„

b. Im Intensitätsmaximum des Wortes: 11 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	16mal richtig,	3mal	verändert.
Frau G.	„ „	19 „ „	3 „	„
		35mal richtig,	6mal	verändert.
Friedrich M.	„ „	13 „ „	6 „	„

c. Am Ende des Wortes: 8 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	12mal richtig,	8mal	verändert.
Frau G.	„ „	14 „ „	8 „	„
		26mal richtig,	16mal	verändert.
Friedrich M.	„ „	5 „ „	11 „	„

Gesammtresultat der zweiten Gruppe: 29 Versuchsworte.

Die Perception des B-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	25 : 10
Im Intensitätsmaximum des Wortes	35 : 6
Zu Ende des Wortes	26 : 16
Summa:	86 : 32 = 43 : 16

Demnach etwa 37 % Nichtperception.

Gesammtresultat der dritten Gruppe: 29 Versuchsworte.

Die Perception des B-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	15 : 4
Im Intensitätsmaximum des Wortes	13 : 6
Zu Ende des Wortes	5 : 11
Summa:	33 : 21

Demnach nahezu 64 % Nichtperception.

Die Verwechslungen des B-Lautes mit anderen Lauten waren wenig constant, am meisten wurde er in F oder in D umgesetzt; selten in K, niemals in S oder Sch. Am Ende des Wortes wurde er leicht überhört. Die Perception schien besonders erschwert, wenn er mit U oder L in naher Verbindung war, erleichtert, wenn er mit A oder I sich vereinigte. Die meisten Versuche gaben Gelegenheit, sich zu überzeugen, dass der vornehmlichste Grund der schwierigen Perception dieses Lautes in seiner Tonschwäche zu suchen sei; es fällt dies namentlich in die Augen, wenn man die Verhältnisszahlen zu Anfang, im Intensitätsmaximum und zu Ende des Wortes vergleicht:

25 : 10
35 : 6
26 : 16.

Auch das gesunde Ohr fühlt diese Abstufungen in der Tonstärke, natürlich in viel geringerem Grade als das defecte; die Steigerung der Perceptionsschwierigkeiten von der zweiten zur dritten Gruppe erklärt sich aus der Ueberlegung, dass der Trommelfelldefect grösser geworden ist. Den Beweis hierfür muss ich mir für später vorbehalten.

Die Perception des K-Lautes.

a. Zu Anfang des Wortes: 11 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	11mal richtig,	7mal verändert.
Frau G.	„ „	14 „ „	18 „ „
		25mal richtig,	25mal verändert.
Friedrich M.	„ „	13 „ „	6 „ „

b. Im Intensitätsmaximum des Wortes: 5 Versuchworte.

Robert W.	percipirt ihn	8mal richtig,	0mal verändert.
Frau G.	„ „	11 „ „	0 „ „
		19mal richtig,	0mal verändert.
Friedrich M.	„ „	10 „ „	0 „ „

c. Zu Ende des Wortes: 8 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	15mal richtig,	2mal verändert.
Frau G.	„ „	10 „ „	6 „ „
		25mal richtig,	8mal verändert.
Friedrich M.	„ „	3 „ „	14 „ „

Gesammtresultat der zweiten Gruppe: 24 Versuchsworte.
Die Perception des K-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	25 : 25
Im Intensitätsmaximum des Wortes	19 : —
Zu Ende des Wortes	25 : 8
Summa:	69 : 33

Demnach etwa 48 % Nichtperception.

Gesammtresultat der dritten Gruppe: 24 Versuchsworte.
Die Perception des K-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	13 : 6
Im Intensitätsmaximum des Wortes	10 : —
Zu Ende des Wortes	3 : 14
Summa:	26 : 20

Demnach etwa 77 % Nichtperception.

Auch bei diesen beiden Gruppen findet die Zusammenstellung von Kr oder Gr zu Anfang des Wortes die grössten Schwierigkeiten in der Perception, es sind ähnliche Worte wie bei der ersten Gruppe, welche diese Schwierigkeiten verursachen, so wird von

	Robert W.	Frau G.	Friedrich M.*)
statt Gras gehört:	1 Brat, 1 Bra	2 Was	2 Fras
„ Kranz „	1 Brand	1 Franz, 1 desgl.	2 Franz
„ Grün „	2 dgl., 3 Frün	1 Friede, 2 Rüm, 1 dgl.	1 Frün, 1 dgl.

Man vergleiche namentlich das hier citirte Wort „Grün", wie es von Patient Robert W. in dieser Gruppe mit dem linken Ohre und wie es von demselben in der fünften Gruppe mit dem rechten Ohre aufgefasst wird.

Ebenso bereitet die Verbindung mit dem Vocale U der Auffassung des K-Lautes erhebliche Schwierigkeiten.

	Robert W.	Frau G.	Friedr. M.
Statt Kuhfus wird gehört:	2 Kukus	2 Julius, 2 Tuhfus	2 Musmus,
„ Trunk „ „	1 Drum, 1 Tronk	2 Trum	2 Thron.

Es sind also gerade die zwei tiefsten Laute der Sprache, welche die Perception des K-Lautes beeinträchtigen, wenn sie in dessen Nähe stehen. Die zweite und dritte Gruppe zeigen auch in der Art der

*) Die Position bedeutet: statt Gras hört Robert W. einmal Brat, einmal Bra,
statt Gras hört Frau G. zweimal Was,
statt Gras hört Friedrich M. zweimal Fras.

Verwechslungen grosse Aehnlichkeiten, häufig wird F, seltner T statt K gehört, niemals S oder Sch. Das ausserordentlich günstige Perceptionsresultat für den im Intensitätsmaximum des Wortes stehenden K-Laut erklärt sich vielleicht aus dem scharfen Accente, welchen gerade diese Stelle durch das K erhält, so wird es z. B. in dem Worte „Hartkopf“, in welchem drei schwierige Consonanten aufeinander folgen, deutlich von den Patienten unterschieden, während die beiden anderen verwechselt werden; statt Hartkopf wird gehört: 2 Achtkopf, 1 Kaffeekopf, 1 Gartenkopf, 2 Handkopf.

Die Perception des T-Lautes.

a. Zu Anfang des Wortes: 20 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	34mal richtig,	7mal verändert.
Frau G.	„ „	33 „ „	9 „ „
		67mal richtig,	16mal verändert.
Friedrich M.	„ „	18 „ „	22 „ „

b. Im Intensitätsmaximum des Wortes: 10 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	15mal richtig,	4mal verändert.
Frau G.	„ „	18 „ „	2 „ „
		33mal richtig,	6mal verändert.
Friedrich M.	„ „	15 „ „	— „ „

c. Zu Ende des Wortes: 17 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	27mal richtig,	6mal verändert.
Frau G.	„ „	32 „ „	5 „ „
		59mal richtig,	11mal verändert.
Friedrich M.	„ „	13 „ „	14 „ „

Gesammtresultat der zweiten Gruppe: 47 Versuchsworte.

Die Perception des T-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	67 : 16
Im Intensitätsmaximum des Wortes	33 : 6
Zu Ende des Wortes	59 : 11

Summa: 159 : 33, abgerundet nahezu 5 : 1.

Demnach etwas über 20 % Nichtperception.

Gesammtresultat der dritten Gruppe: 47 Versuchsworte.

Die Perception des T-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	18 : 22
Im Intensitätsmaximum des Wortes	15 : —
Zu Ende des Wortes	13 : 14
Summa:	46 : 36.

Demnach etwas über 78 % Nichtperception.

Auch bei dieser Versuchsreihe lässt sich erkennen, wie verschieden die Perceptionsschwierigkeit ist je nach der Stellung, welche der Versuchslaut im Worte einnimmt. Die günstigere Stellung im Intensitätsmaximum des Wortes kommt hierbei dem grösseren Defecte der dritten Gruppe mehr zu Gute als verhältnissmässig der zweiten Gruppe.

Im Einzelnen betrachtet wird der T-Laut am häufigsten mit K verwechselt, es erklärt sich dies aus der Aehnlichkeit der beiden Laute in der Klangfarbe und Tonstärke, und wurde bereits bei Gruppe I die häufige Verwechslung gerade dieser beiden Laute betont. Die gleiche Schwierigkeit des Verständnisses wie die Anfangsposition Kr findet daher auch die Position Tr.

Statt Thräne wird gehört: 2 desgl. — 2 Räuen — 1 Regen, 1 Reden.
„ Drache „ „ 2 desgl. — 1 Warte, Gatter — 2 Grafen.
„ Trompete „ „ 1 Korpete, 1 desgl. — 2 desgl. — 1 Harpeter, Harpeten.

Zuweilen erscheint auch besonders bei der dritten Gruppe, wie die Auffassung des Wortes „Trompete“ schon anzeigt, statt des T-Lautes ein H. Wird das T in der Exspiration hervorgebracht, so hat es einige Aehnlichkeit mit einem durch den Exspirationsdruck verstärkten Hauchlaute, es liegt daher die Annahme nahe, dass namentlich das geschwächte Ohr der dritten Gruppe das schwächere H statt des stärkeren T zu hören glaubt. Auch von Frau G. wird

statt Thür gehört: 2 Hören.
„ Dankbarkeit „ 1 Haltbarkeit, 2 desgl.

Andere Verwechslungen z. B. mit S und N kamen mehrmals vor. Dass es am Ende des Wortes besonders, wenn ein oder mehrere Consonanten vorausgingen, öfters überhört wurde, wird eben nicht auffallen.

Die Perception des F-Lautes.

a. Zu Anfang des Wortes: 12 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	18mal richtig,	2mal	verändert.
Frau G.	„ „	18 „ „	10 „	„
		36mal richtig,	12mal	verändert.
Friedrich M.	„ „	19 „ „	6 „	„

b. Im Intensitätsmaximum des Wortes: 10 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	15mal richtig,	6mal	verändert.
Frau G.	„ „	19 „ „	1 „	„
		34mal richtig,	7 „	„
Friedrich M.	„ „	14 „ „	5 „	„

c. Zu Ende des Wortes: 8 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	11mal richtig,	3mal	verändert.
Frau G.	„ „	12 „ „	5 „	„
		23mal richtig,	8mal	verändert.
Friedrich M.	„ „	8 „ „	8 „	„

Gesammtresultat der zweiten Gruppe: 30 Versuchsworte.
Die Perception des F-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	36 : 12
Im Intensitätsmaximum des Wortes	34 : 7
Zu Ende des Wortes	23 : 8
Summa:	93 : 27.

Demnach 27 % Nichtperception.

Gesammtresultat der dritten Gruppe: 30 Versuchsworte.
Die Perception des F-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	19 : 6
Im Intensitätsmaximum des Wortes	14 : 5
Zu Ende des Wortes	8 : 8
Summa:	41 : 19.

Demnach etwa 46 % Nichtperception.

Bezüglich dieses Resultates ist nur zu bemerken, dass bei der zweiten Gruppe der F-Laut im Intensitätsmaximum des Wortes in vielen Worten richtig aufgefasst wurde, obwohl er darin von schwierigen Consonanten umgeben war, z. B. in Dampfschiff, Hälfte, Jagdflinte. Die Position Fs wurde zuweilen als Schs gehört.

Die Perception des S-Lautes.

a. Zu Anfang des Wortes: 30 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	58mal richtig,	3mal falsch.
Frau G.	„ „	60 „ „	0 „ „
		118mal richtig,	3mal falsch.
Friedrich M.	„ „	60 „ „	0 „ „

b. Im Intensitätsmaximum des Wortes: 12 Versuchsworte.*)

Robert W.	percipirt ihn	22mal richtig,	2mal falsch.
Frau G.	„ „	24 „ „	0 „ „
		46mal richtig,	2mal falsch.
Friedrich M.	„ „	24 „ „	0 „ „

c. Zu Ende des Wortes: 10 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	11mal richtig,	6mal falsch.
Frau G.	„ „	18 „ „	0 „ „
		29mal richtig,	6mal falsch.
Friedrich M.	„ „	20 „ „	0 „ „

Gesammtresultat der zweiten Gruppe: 52 Versuchsworte.
Die Perception des S-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	118	:	3
Im Intensitätsmaximum des Wortes	46	:	2
Zu Ende des Wortes	29	:	6
Summa:	193	:	11.

Demnach etwas über 5 % Nichtperception.

Gesammtresultat der dritten Gruppe: 52 Versuchsworte.
Der S-Laut wird keinmal falsch percipirt. Demnach 0 % Nichtperception.

Bei dieser Versuchsreihe ist besonders auffallend, dass der grössere Defect bei Gruppe III constant geringere Perceptionsschwierigkeiten beim S-Laute findet als der kleinere bei Robert W. (II. Gruppe) und der noch kleinere der ersten Gruppe. Es herrscht dabei zwischen den beiden Patienten der zweiten Gruppe durchaus keine Uebereinstimmung in der Auffassung, denn Frau G. hört jedesmal den S-Laut richtig. Die Erklärung dieser sonderbaren Erscheinung behalte ich mir für später vor.

*) Es sind hier nur diejenigen Worte ausgewählt, in welchen das S in besonders schwieriger Zusammenstellung steht, und trotzdem wird es so gut percipirt.

Der Sch-Laut

zeigt gleichfalls ein günstiges Perceptionsresultat. In 22 Versuchsworten wird er:

von der zweiten Gruppe 78mal richtig, 5mal falsch,

von der dritten Gruppe 39mal richtig, 1mal falsch

gehört, also 6 % und $2^1/_2$ % Nichtperception.

Die Perception des R-Lautes.

Wegen der mannigfachen und werthvollen Anhaltspuncte, welche die Perceptionen gerade dieses Lautes für die Beurtheilung der Schallzuleitung zum defecten und auch zum gesunden Ohre an die Hand geben, sehe ich mich genöthigt, die bezüglichen Versuche hier detailirt vorzuführen, damit der Leser im Stande sei, den R-Laut ausreichend von Gruppe zu Gruppe zu verfolgen.

a. Zu Anfang des Wortes:

		Robert W.	Frau G.	Friedrich M.
Statt Rauchen	wird gehört:	1 Graupe, 1 desgl.	1 Haupten, 1 Maufen, 1 Raufen, 1 desgl.	2 desgl.
,, Rauschen	,, ,,	2 desgl.	2 desgl.	2 desgl.
,, Räuchern	,, ,,	2 Räucher.	1 Gebräuche, 1 desgl.	2 Räuchen.
,, Reuling	,, ,,	2 desgl.	2 Neuling, 1 desgl., 1 Freude.	2 Greuling.
,, Reinigung	,, ,,	1 desgl.	2 desgl.	2 Beiligung.
,, Riese	,, ,,	2 desgl.	1 Füsse, 1 Giese, 1 Käse, 1 Rese.	2 desgl.
,, Rund	,, ,,	2 Hund, 1 Ohr.	2 desgl. 1 Olt, 1 Wunden.	1 Wolk, 1 Hold.
,, Ranzen	,, ,,	2 desgl.	2 desgl., 1 Tanzen, 1 Franz.	1 Kratzen, 1 Franz.
,, Rose	,, ,,	2 Grosse, 1 desgl.	1 Mos, 2 desgl.	2 Grosse.
,, Roth	,, ,,	2 desgl.	2 Brod.	2 desgl.
,, Rollen	,, ,,	2 Koll.	2 Wollen, 2 desgl., 1 Woll.	2 Kolle.
,, Rechnen	,, ,,	1 desgl.	2 Rechten, 2 desgl.	2 desgl.
12 Versuchsworte:		16mal richtig, 8mal verändert,	21mal richtig, 19mal verändert,	12mal richtig. 12mal verändert.

Abgesehen von der einfachen Umsetzung des R-Lautes in einen anderen Consonanten, besonders in K, finden wir bei allen drei Patienten das Bestreben, das oft unsicher zu ihrem Ohre gelangte R durch Vorsetzen eines eingebildeten Lautes mehr zu fixiren, vielleicht schien auch wirklich das einfache R dem defecten Ohre aus zwei Lauten zusammengesetzt, und wurde demnach statt R häufig Kr, Gr, Br oder Tr gehört.

Dass der normale R-Laut bei geeigneter Hervorbringung mittelst der Vibrationen der Zungenspitze vier Töne unterscheiden lässt, habe ich a. a. O. erörtert.

b. Im Intensitätsmaximum des Wortes:

		Robert W.	Frau G.	Friedrich M.
Statt Darben	wird gehört:	1 Tropfen, 1 Danken.	2 desgl.	1 Arien, 1 Dauchfett.
„ Farben	„ „	1 Schachtel, 1 Achten.	1 Harten, 1 Wachtel.	2 Farfett.
„ Karten	„ „	1 Kasten, 1 desgl.	1 Karpfen, 1 desgl.	1 Waffnett, 1 Farfnet.
„ Narren	„ „	2 desgl.	1 Nachen, 1 Narre.	1 desgl., 1 Narfet.
„ Schnarchen	„ „	2 desgl., 1 Starchen.	1 desgl., 1 Schlachten.	1 Staffjet, 1 Starrfehen.
„ Windrose	„ „	2 desgl.	1 Wildose, 1 desgl.	1 Wekrose, 1 Mitkose.
„ Körner	„ „	1 Ferner.	2 Perle.	2 desgl.
„ Hartkopf	„ „	1 Achtkopf.	1 Kaffeekopf, 1 Gartenknopf.	2 Handkopf.
„ Hundefressen	„ „	2 desgl.	2 desgl.	1 Hundebretzen.
„ Sarah	„ „	2 desgl.	2 desgl.	2 desgl.
„ Kirche	„ „	1 Girtche.	2 desgl.	2 desgl.
„ Zirkel	„ „	1 Birkel.	2 desgl.	2 desgl.
„ Zaudern	„ „	2 desgl.	1 Zaum, 1 desgl.	2 desgl.
13 Versuchsworte:		18mal richtig, 5mal verändert,	20mal richtig, 6mal verändert,	18mal richtig, 6mal verändert.

Hier werden die Verwechslungen schon seltener, es bieten aber die drei Patienten grosse Aehnlichkeiten in der Art der Verwechslung und in dem Verhältniss der Perception zur Nichtperception. Die Verwechslung mit dem rauhen Ch erklärt sich wohl aus der nahen Verwandtschaft der beiden Laute R und Ch.

c. Zu Ende des Wortes*):

		Robert W.	Frau G.	Friedrich M.
Statt Stadtthor	wird gehört:	2 desgl.	2 desgl.	1 Badthoch, 1 Stadthoch.
„ Wanduhr	„ „	2 Mantrug.	1 Waldu, 1 Walduhr.	1 Walpur, 1 Waldlu.
„ Caspar	„ „	2 Caspe.	1 Caspa, 1 desgl.	2 desgl.
„ Stubenthür	„ „	2 desgl.	2 desgl.	1 Sturetör, 1 Stubetör.
„ Nadelöhr	„ „	2 Nadehör.	2 desgl.	1 Nadelgehör, 1 Nagelhör.
„ Gieb mir	„ „	2 desgl.	1 Gibir, 1 desgl.	1 Giblir, Giblirt.
„ Hofer	„ „	2 desgl., 1 Hoffnung.	1 Ofen, 1 desgl.	2 desgl.
„ Heimkehr	„ „	2 Einkehr.	2 desgl.	2 desgl.
„ Silber	„ „	1 Hilfe, 1 Silfe.	1 desgl., 1 Silbern.	1 Sirup.
„ Thür	„ „	2 desgl.	2 desgl.	1 Hören, 1 Thüren.
10 Versuchsworte:		12mal richtig, 7mal verändert,	16mal richtig, 4mal verändert,	12mal richtig. 7mal verändert.

Die Verbindung mit U erschwert wie zu Anfang so auch zu Ende des Wortes die Perception des R-Lautes.

Gesammtresultat der zweiten Gruppe: 35 Versuchsworte.
Die Perception des R-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	37 : 27
Im Intensitätsmaximum des Wortes	38 : 11
Zu Ende des Wortes	28 : 11
Summa:	103 : 49.

Demnach etwa 48 % Nichtperception.

*) Aus der grossen Zahl der auf er endigenden Versuchsworte sind absichtlich zur Verwerthung des Resultates nur zwei in Betracht gezogen.

Gesammtresultat der dritten Gruppe: 35 Versuchsworte.
Die Perception des R-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	12 : 12
Im Intensitätsmaximum des Wortes	18 : 6
Zu Ende des Wortes	12 : 7
Summa:	42 : 25.

Demnach etwa 60 % Nichtperception.

Die Perception des M-Lautes.

a. Zu Anfang des Wortes: 11 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	17mal	richtig,	4mal	verändert.
Frau G.	„ „	11 „	„	11 „	„
		28mal	richtig,	15mal	verändert.
Friedrich M.	„ „	20 „	„	2 „	„

b. Im Intensitätsmaximum des Wortes: 14 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	22mal	richtig,	4mal	verändert.
Frau G.	„ „	22 „	„	6 „	„
		44mal	richtig,	10mal	verändert.
Friedrich M.	„ „	21 „	„	8 „	„

c. Zu Ende des Wortes: 6 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	4mal	richtig,	7mal	verändert.
Frau G.	„ „	8 „	„	5 „	„
		12mal	richtig,	12mal	verändert.
Friedrich M.	„ „	7 „	„	4 „	„

Gesammtresultat der zweiten Gruppe: 31 Versuchsworte.
Die Perception des M-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	28 : 15
Im Intensitätsmaximum des Wortes	44 : 10
Zu Ende des Wortes	12 : 12
Summa:	84 : 37.

Demnach 44 % Nichtperception.

Gesammtresultat der dritten Gruppe: 31 Versuchsworte.
Die Perception des M-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	20 : 2
Im Intensitätsmaximum des Wortes	21 : 8
Zu Ende des Wortes	7 : 4
Summa:	48 : 14.

Demnach etwa 30 % Nichtperception.

Die Perception des N-Lautes.

a. Zu Anfang des Wortes: 19 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	32mal richtig,	3mal falsch.
Frau G.	„ „	29 „ „	7 „ „
		61mal richtig,	10mal falsch.
Friedrich M.	„ „	28 „ „	8 „ „

b. Im Intensitätsmaximum des Wortes: 10 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	15mal richtig,	3mal falsch.
Frau G.	„ „	18 „ „	2 „ „
		33mal richtig,	5mal falsch.
Friedrich M.	„ „	13 „ „	5 „ „

c. Zu Ende des Wortes: 8 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	8mal richtig,	5mal falsch.
Frau G.	„ ,	14 „ „	2 „ „
		22mal richtig,	7mal falsch.
Friedrich M.	„ „	12 „ „	5 „ „

Gesammtresultat der zweiten Gruppe: 37 Versuchsworte.
Die Perception des N-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	61 : 10
Im Intensitätsmaximum des Wortes	33 : 5
Zu Ende des Wortes	22 : 7
Summa:	116 : 22.

Demnach etwa 19 % Nichtperception.

Gesammtresultat der dritten Gruppe: 37 Versuchsworte.
Die Perception des B-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	28 : 8
Im Intensitätsmaximum des Wortes	13 : 5
Zu Ende des Wortes	12 : 5
Summa:	53 : 18.

Demnach etwa 34 % Nichtperception.

Die Perception des L-Lautes.

a. Zu Anfang des Wortes: 11 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	17mal richtig,	2mal falsch.
Frau G.	„ „	20 „ „	3 „ „
		37mal richtig,	5mal falsch.
Friedrich M.	„ „	9 „ „	13 „ „

b. Im Intensitätsmaximum des Wortes: 14 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	23mal richtig,	0mal falsch.
Frau G.	„ „	26 „ „	0 „ „
		49mal richtig,	0mal falsch.
Friedrich M.	„ „	19 „ „	5 „ „

c. Zu Ende des Wortes: 10 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	13mal richtig,	1mal falsch.
Frau G.	„ „	14 „ „	5 „ „
		27mal richtig,	6mal falsch.
Friedrich M.	„ „	20 „ „	0 „ „

Gesammtresultat der zweiten Gruppe: 35 Versuchsworte.
Die Perception des L-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	37	:	5
Im Intensitätsmaximum des Wortes	49	:	0
Zu Ende des Wortes	27	:	6
Summa:	113	:	11.

Demnach nahezu 10 % Nichtperception.

Gesammtresultat der dritten Gruppe: 35 Versuchsworte.
Die Perception des L-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	9	:	13
Im Intensitätsmaximum des Wortes	19	:	5
Zu Ende des Wortes	20	:	0
Summa:	48	:	18.

Demnach etwas über 37 % Nichtperception.

Die Perception des W-Lautes.

Zu Anfang des Wortes: 10 Versuchsworte.

Robert W.	percipirt ihn	15mal richtig,	3mal falsch.
Frau G.	„ „	15 „ „	4 „ „
		30mal richtig,	7mal falsch.
Friedrich M.	„ „	7 „ „	12 „ „

Während daher die zweite Gruppe etwa 23 % Nichtperception hat, würde die dritte Gruppe 171 % Nichtperception haben, doch ist der letztere Versuch wegen der geringen Anzahl der Worte nicht ganz massgebend.

Zur Erläuterung der Perceptionsversuche für die tonborgenden Consonanten L, M, N und W werden wenig Worte genügen. Bereits bei der ersten Gruppe konnten wir erkennen, dass die nahe acustische Verwandtschaft dieser Sprachlaute auch von dem defecten Ohre gewürdigt wird. Zeigt sich nun für die grösseren Defecte der zweiten und dritten Gruppe auch ein steigendes Procentverhältniss der Nichtperception, welches bei der einfachen Betrachtung der Zahlen vielleicht der ersten Gruppe gegenüber etwas unverhältnissmässig erscheinen möchte, so gewinnt diese Nichtperception doch eine andre Beleuchtung, wenn wir uns genauer die Art der Verwechslungen ansehen. Es zeigt sich nämlich, dass bei weitem der grösste Theil der Nichtperception des M-Lautes bei der zweiten Gruppe (44 % Nichtperception) auf Rechnung der Verwechslung mit den verwandten Lauten L, N und W zu setzen ist, ein kleinerer Theil erst die Verwechslung mit B und T, auch wohl K betrifft. Steht das M am Ende eines Wortes und vor ihm ein R oder der tiefe dunkle Vocal U, wie wir dies in nicht wenig Worten der deutschen Sprache finden, so kann es seine Eigenschaft als tonborgender Laut nur schwach zur Geltung bringen, es erscheint dann als ein leise brummender Ton, welcher gegenüber dem auch musikalisch nahestehenden, im Abtönen begriffenen U das Ohr nicht präcis anspricht und die feine Nuancirung in der Klangfarbe dem defecten Ohre häufig entgehen lässt, daher wird statt Schaum ziemlich gleichmässig blos Schau, statt Schwarm blos Schwar gehört; während es zu Anfang des Wortes die Klangfarbe des folgenden Vocales viel schärfer zu beeinflussen im Stande ist. Diesen Verhältnissen tragen nun die Verhältnisszahlen der zweiten Gruppe sehr entschieden Rechnung.

Die bei der Entstehungsweise dieser Laute geschilderte Ver-

schiedenheit zwischen M und N einerseits und dem L andererseits berührt das defecte Ohr ganz ausserordentlich. Wesshalb das L für den geringeren Defect günstiger als das M und N, für den grösseren der fünften Gruppe aber sehr viel ungünstiger aufzufassen ist, werde ich später ausführlich erörtern, hier muss ich mich darauf beschränken, die Verhältnisszahlen der verschiedenen Gruppen für L, M und N dem Leser zur näheren Betrachtung zu empfehlen.

Bei der Auffassung des L-Lautes bemüht sich die dritte Gruppe in ganz ähnlicher Weise, wie wir dies beim R-Laute bemerkten, durch Vorsetzen eines anderen Consonanten diesem schwankenden Laute etwas mehr Festigkeit zu geben.

Statt Loben wird gehört: Glocken.
„ Laster „ „ Knaster, Plaster.
„ Leiste „ „ Gleiste.

Bei den Gruppen IV und V tritt diese Eigenthümlichkeit noch schärfer hervor. Auch die Verhältnisszahlen der dritten Gruppe für den L-Laut zu Anfang des Wortes 9 : 13, nähern sich denen des R-Lautes zu Anfang des Wortes 12 : 12.

Die Perception des H-Lautes.

24 Versuchsworte: 22 zu Anfang, 2 im Intensitätsmaximum des Wortes.

Robert W.	percipirt ihn:	27mal richtig,	21mal falsch oder nicht.
Frau G.	„ „	31 „ „	19 „ „ „ „
		58mal richtig,	40mal falsch oder nicht.
Friedrich M.	„ „	23 „ „	20 „ „ „ „

Hieraus ergiebt sich als Gesammtresultat für die zweite Gruppe etwa 58 % Nichtperception, für die dritte Gruppe etwa 86 % Nichtperception.

In der Mehrzahl der Versuche fiel das H zu Anfang des Wortes ganz aus, in den übrigen wurde es meist mit B, seltner mit K oder F verwechselt.

Sechster Abschnitt.

Perceptionsversuche für die vierte Gruppe.

Fig. 6 der Tafel.

Es lässt sich bei dieser Gruppe zwar durchgängig eine Steigerung der Schwierigkeiten in der Auffassung der Consonanten erkennen, aber keine der übrigen Gruppen bietet so eigenthümliche und interessante Verhältnisse und Einzelheiten für die Auffassung des R-Lautes, wie die vierte, wir werden daher bei der Betrachtung der bezüglichen Versuche unser Augenmerk besonders diesem Laute zuzuwenden haben. Es ist aus den Versuchen ersichtlich, dass die Patientin den R-Laut mit dem rechten wie mit dem linken Ohre ausserordentlich schwierig auffasst; ich glaube daher den Leser nicht zu ermüden, wenn ich die Versuche im Einzelnen vorführe.

Die Perception des R-Lautes.

a. Zu Anfang des Wortes:

	Rechts.	Links.
Statt Rauchen wird gehört:	1 Draussen, 1 Augen.	2 Tauben.
„ Rauschen „ „	1 Autsch, 1 Auschel.	1 Mauschel.
„ Räuchern „ „	1 Wäuchmen, 1 Heuchelei.	1 Heucheln.
„ Reuling „ „	2 Neulig.	1 Heuling.
„ Reinigung „ „	2 desgl.	1 desgl.
„ Riese „ „	2 Wiese.	1 Miese, 1 Niese.

		Rechts.	Links.
Statt Rund	wird gehört:	1 Hund, 1 Und.	1 Grund, 1 Volk.
„ Ranzen	„ „	2 Franzel.	1 desgl.
„ Rose	„ „	2 Hose.	2 Hose.
„ Roth	„ „	2 Hoth.	1 desgl.
„ Rollen	„ „	1 Morgen, 1 Wollen.	1 Wollen.
„ Rechnen	„ „	1 desgl., 1 Rechnet.	1 Rechnet.
12 Versuchsworte:		4mal richtig.	4mal richtig.
		20mal verändert.	12mal verändert.

Die Perception des R-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Rechts	Links
4 : 20 = 1 : 5	4 : 12 = 1 : 3

Summa $\left\{ \begin{matrix} 4 : 20 \\ 4 : 12 \end{matrix} \right\}$ Zu Anfang des Wortes.

8 : 32 = 1 : 4.

b. Im Intensitätsmaximum des Wortes*):

		Rechts.	Links.
Statt Führer	wird gehört:	1 desgl., 1 Tührer.	1 Gürtel, 1 Thürzu.
„ Fuhrmann	„ „	2 Huhmann.	1 Lungen.
„ Freund	„ „	1 Bäume, 1 Bäut.	1 Bäut, 1 Heut.
„ Bahlhorn	„ „	1 Wahlbank.	1 Wahlbank, 1 desgl.
„ Born	„ „	1 Haue, 1 Dom, 1 Bon.	1 Korn.
„ Frau	„ „	3 Faul.	1 Baum, 1 Maul.
„ Friedrich	„ „	2 desgl.	2 desgl.
„ Vaterland	„ „	2 desgl.	2 desgl.
„ Viere	„ „	2 desgl.	1 desgl.
„ Gras	„ „	1 Was. 1 Das.	1 Mas, 1 Was.
„ Kranz	„ „	1 Franz, 1 Danz.	1 Kanzel.
„ Korn	„ „	1 Kon, 1 Baum.	2 desgl.
„ Grün	„ „	2 desgl.	1 Heut, 1 Heulen.
„ Marthe	„ „	2 desgl.	2 desgl.
„ Normiren	„ „	1 Nachmehren.	1 Noiren.
„ Narcisse	„ „	2 Nancisse.	1 desgl.
„ Nero	„ „	1 desgl.	1 desgl.
„ Sarah	„ „	2 desgl.	1 desgl.

*) Hierbei sind auch diejenigen Worte eingereiht, in welchen das R als zweiter Laut im Worte nach K, G, F oder T seine Stelle hat.

	Rechts.	Links.
Statt Sorge wird gehört:	1 Sonche, 1 Norde.	— —
„ Syrup „ „	1 Biro.	— —
„ Hasenbraten „	1 Nasenbad, 1 Nachbar.	1 Hasenweiden.
„ Hundefressen „	1 desgl.	1 desgl.
„ Hartkopf „ „	2 Kaffeekochen.	2 Kaffeekochen.
„ Hamburg „ „	2 Hambug.	1 desgl.
„ Gehorsam „ „	2 desgl.	1 desgl.
„ Gebrauchen „ „	2 Gebauchen.	2 Giebmauchen.
„ Stolpern „ „	1 Stollmond.	— —
„ Zaudern „ „	1 Zaudemen.	— —
„ Zerren „ „	2 desgl.	1 desgl.
„ Zirkel „ „	1 desgl.	1 desgl.
„ Zögern „ „	1 Zögen.	1 desgl.
„ Räuchern „ „	1 Wäuchmen, 1 Heuchelei.	1 Heuchelei.
„ Windrose „ „	2 Windhose.	1 desgl.
„ Würme „ „	1 Kirome.	2 Juchte.
„ Traurig „ „	1 Faulig, 1 Kaulig.	1 Maul, 1 Faul.
„ Drache „ „	2 Zange.	2 Acht.
„ Dankbarkeit „	2 desgl.	2 desgl.
„ Darben „ „	2 Lampen.	2 Lappen.
38 Versuchsworte:	25mal richtig,	27mal richtig.
	40mal verändert,	27mal verändert.

Die Perception des R-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

25 : 40
27 : 27

Summa: 52 : 67 im Intensitätsmaximum des Wortes.

c. Zu Ende des Wortes:

	Rechts.	Links.
Statt Bader wird gehört:	1 Wade, 1 Adam, 1 Ball.	— —
„ Becher „ „	2 Bechel.	1 Bechel.
„ Bitter „ „	2 Bitten.	1 Bittel.
„ Feder „ „	1 Fedel, 1 desgl.	1 desgl.
„ Fischer „ „	1 Fischen, 1 desgl.	2 Fischen.
„ Vater „ „	2 desgl.	1 desgl.
„ Führer „ „	2 Führer.	1 Gürtel, 1 Thürzu.
„ Körner „ „	1 Körme.	1 desgl.
„ Laster „ „	1 desgl.	1 desgl.

				Rechts.	Links.
Statt Maler	wird gehört:			2 desgl.	2 Allen.
„	Muster	„	„	1 Muste.	1 Muste.
„	Messer	„	„	2 desgl.	1 desgl.
„	Silber	„	„	1 Silben, 1 desgl.	1 Silbe.
„	Wörner	„	„	1 Kirme.	1 Berne.
„	Zentner	„	„	2 Zenke.	1 Zenne.
„	Zeuner	„	„	1 desgl.	1 desgl.
16 Versuchsworte:				13mal richtig,	6mal richtig.
				15mal verändert,	12mal verändert.

Die Perception des R-Lautes verhält sich zur Nichtperception am Ende des Wortes:

13 : 15
6 : 12

Summa: 19 : 27.

Gesammtresultat: 66 Versuchsworte.

Die Perception des R-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

Zu Anfang des Wortes	8 : 32
Im Intensitätsmaximum des Wortes	52 : 67
Zu Ende des Wortes	19 : 27
Summa:	79 : 126.

Demnach etwa 160 % Nichtperception.

Die Versuchsreihe zu Ende des Wortes ist desshalb etwas unvollständig, weil nur auf er endigende Worte darin verzeichnet sind; wegen der Entfernung des Wohnortes der Patientin musste ich auf die Vervollständigung durch die auf ar, ur, or, ir endigenden Worte verzichten. Man erkennt leicht aus den übrigen Versuchen, dass die Verbindung des R mit den Vocalen I und E beträchtlich günstiger ist als mit O oder U.

Zu Anfang und zu Ende des Wortes wird das R häufig überhört, oder zu Anfang nur als einfacher Hauchlaut H aufgefasst, während seine Vibrationen das defecte Ohr sehr wenig anzusprechen scheinen. Wenn wir uns das R in Verbindung mit einem Vocale ohne seine Vibrationen denken, so wird es nur durch die Art und Weise, wie es mehr gleichförmig das An- oder Abklingen des Vocallautes modificirt, sich bemerklich machen, somit die Eigenschaften eines tonborgenden Consonanten annehmen. Wenn wir nun, von dieser Voraussetzung geleitet, die Verwechslungen des R-Lautes näher ins Auge fassen, so

wird es uns nicht auffallen, dass das R so häufig mit den tonborgenden Consonanten von dem defecten Ohre verwechselt wird; wesshalb dieses gerade die Vibrationen so schwierig auffasst, kann ich erst später erörtern.

Andere Verwechslungen des R-Lautes sind bei dieser Gruppe weniger häufig, zunächst folgen die mit B, K und T; mit F wird er sehr selten, mit S oder Sch, diesen in der Scala ihm so fern stehenden Lauten, niemals verwechselt. Die Anfangsstellung Kr, Fr, Tr macht natürlich auch bei dieser Gruppe ihre Schwierigkeiten geltend. Am günstigsten sind die Worte, in welchen eine einfache Aufeinanderfolge der Vocale a, e, i und des R-Lautes sich findet ohne Interposition anderer Consonanten, wie in den Worten: Sarah, Nero, Zerren, Viere. Dass das dem R uvulare so verwandte rauhe Ch ganz ähnliche Schwierigkeiten in der Auffassung bot als das R, brauche ich wohl nicht ausführlich zu erörtern.

Die Perception des L-Lautes.

a. Zu Anfang des Wortes:

			Rechts.	Links.
Statt	Lampe	wird gehört:	1 Lachen, 1 Lange.	1 Lange, 1 Lappen.
„	Leder	„ „	2 Nede.	1 Feder, 1 Meder.
„	Loben	„ „	2 desgl.	1 Nochen, 1 desgl.
„	Liebe	„ „	2 desgl.	2 desgl.
„	Laster	„ „	1 desgl.	1 desgl.
„	Lügen	„ „	2 Fügen.	2 Bücher.
„	Leiste	„ „	2 desgl.	1 Kleiste, 1 Meiste.
„	Lösen	„ „	2 desgl.	1 Kösel.
„	Leute	„ „	2 Neute.	2 desgl.
„	Lende	„ „	2 Nemde.	2 Nende.
„	Lunte	„ „	1 desgl.	1 Grunte.
	11 Versuchsworte:		12mal richtig,	8mal richtig,
			8mal verändert.	12mal verändert.

Es verhält sich demnach die Perception des L-Lautes zu Anfang des Wortes zur Nichtperception:

20 : 20.

Die grösste Mehrzahl der Verwechslungen geschieht innerhalb der verwandten Laute L, M und N, die geringere mit B und F.

Im Intensitätsmaximum und zu Ende des Wortes scheint das L verhältnissmässig viel günstiger aufgefasst zu werden. In den hierzu benutzten 39 Versuchsworten wurde der L-Laut

Rechts	Links
42mal richtig,	39mal richtig.
11mal falsch,	7mal falsch percipirt.

Daraus ergiebt sich für das Verhältniss der Perception zur Nichtperception folgendes Gesammtresultat:

20 : 20
81 : 18
Summa: 101 : 38.

Demnach etwa 38 % Nichtperception.

Die Perception des M-Lautes

verhält sich zur Nichtperception 70 : 28 = 10 : 4.

Demnach 40 % Nichtperception.

Die Perception des N-Lautes

verhält sich zur Nichtperception 200 : 58.

Demnach 29 % Nichtperception.

Die Perception des W-Lautes

verhält sich zur Nichtperception 50 : 16.

Demnach 32 % Nichtperception.

Die Perception des B-Lautes

verhält sich zur Nichtperception 46 : 26.

Demnach etwa 56 % Nichtperception.

Die Perception des K-Lautes

verhält sich zur Nichtperception 44 : 25.

Demnach etwa 56 % Nichtperception.

Die Perception des F-Lautes

verhält sich zur Nichtperception 43 : 14.

Demnach etwa 32 % Nichtperception.

Die Perception des T-Lautes

verhält sich zur Nichtperception 171 : 62.

Demnach etwa 36 % Nichtperception.

Die Perception des S-Lautes

verhält sich zur Nichtperception 200 : 8.

Demnach nur 4 % Nichtperception.

Für den Sch-Laut konnte keine ausreichende Versuchsreihe wegen Entfernung der Patientin bewirkt werden.

Wir finden bei dieser Gruppe eine stetige Verminderung der Perceptionsschwierigkeiten im Verhältniss zur Tonhöhe, je höher der Versuchslaut, desto besser wird er aufgefasst; vom tiefsten Laute der Sprache, dem R, bis zum höchsten, dem S, vermindert sich die Nichtperception von 160 % bis zu 4 %.

Die Art der Verwechslungen im Einzelnen für die hier nur summarisch vorgeführten Versuchslaute W, M, N, B, K, F, T, F, S war eine sehr einfache; am meisten wurden solche Laute mit einander verwechselt, welche in ihrem acustischen Character eine nahe Verwandtschaft zeigten, so K mit T, B mit W, sowie die tonborgenden Consonanten unter einander. Die Gesammtauffassung der Worte war dabei nur in den seltensten Fällen unpräcis und wankend im Gegensatz zur folgenden Gruppe V; es wurde einfach derjenige Consonant, welcher dem so defecten Ohre ungünstig war, entweder gar nicht oder nur der Aspirationslaut H statt seiner oder dafür ein günstiger liegender gehört, z. B.

statt	Kohle	wird	gehört:	Hohlen.
„	Kirche	„	„	Hirschen.
„	Grün	„	„	Heint, Heulen.
„	Keule	„	„	Heulen, Heute.
„	Gras	„	„	Was, Das, Mas.
„	Kuhfus	„	„	Hufus.
„	Buse	„	„	Tuse.
„	Binde	„	„	Winde.
„	Freund	„	„	Beum, Beut, Heut.

Das Bestreben, das Versuchswort zu zerren oder wacklig aufzufassen, war in geringem Grade in folgenden Positionen vorhanden:

statt	Katze	wird	gehört:	2 Kanzel.
„	Wärme	„	„	1 Kiromme.
„	Thal	„	„	1 Nadel.
„	Hartkopf	„	„	1 Kaffeekochen.

Die Perception des H-Lautes.

22 Versuchsworte, 20 zu Anfang, 2 in der Mitte.

Rechts wird der H-Laut 21mal richtig, 16mal falsch
Links „ „ „ 15 „ „ 8 „ „
oder gar nicht gehört.

Demnach verhält sich die Perception des H-Lautes zur Nichtperception 36 : 24.

Also etwa 67 % Nichtperception.

Siebenter Abschnitt.

Perceptionsversuche für die fünfte Gruppe.

Hierzu Tafel Fig. 7.

---

a. Bemerkungen über die freiliegende Paukenhöhle.

Wenn wir bei der Ueberlegung der nachfolgenden Versuche uns den exacten Bau des normalen menschlichen Ohres ins Gedächtniss zurückrufen, wenn wir erwägen, dass der schallzuleitende Apparat vermöge der genauen Adaption seiner einzelnen Theile Tondifferenzen treu zu übertragen im Stande ist, welche so klein sind, dass sie mit dem besten Mikroscope nicht sichtbar gemacht werden können, und dass die Erklärung für so manche wunderbare Function unsres Ohres gerade in dieser Eigenschaft des schallzuleitenden Apparates zu finden ist, so werden wir leicht einsehen, dass ein Apparat, welchem nicht nur die genaue Adaption, sondern die Theile selbst, nämlich Trommelfell, Hammer und Ambos fehlen, unter wesentlich veränderten physicalischen Gesetzen den Schall aufnehmen und zum Labyrinthe leiten wird.

Wenn wir den Abschnitt „äusserer Gehörgang-Trommelfell“ als einen kleinen Resonator oder Schallbecher mit ziemlich eng begrenzter Abstimmung (e^{IV} bis g^{IV}) auffassen wollen, so ist es einleuchtend:

1) Dass diese Abstimmung sich ändert, wenn das Trommelfell defect wird. Es tritt dann der Raum der Paukenhöhle zum äusseren

Gehörgang hinzu, daher verlängert sich dieser, der Resonator erhält eine andere Stimmung.

2) Dass mit gänzlichem Verluste der Membran zugleich eine sehr wesentliche Eigenschaft des Trommelfelles, nämlich die schallverstärkende Kraft, verloren ist.

In der weiteren Ueberlegung, dass der Steigbügel wegen seiner Verbindung mit dem ovalen Fenster einerseits und dem Ambosstiele andererseits nur eine sehr geringe Excursionfähigkeit besitzt, nämlich eine auf- und abgehende Bewegung des Köpfchens und eine einwärts gegen das Fenster drückende der Fussplatte auszuführen im Stande ist, finden wir nach Verlust von Hammer und Ambos erstens dem Steigbügel die Möglichkeit genommen, bei geeigneter Gelegenheit mehr nach Innen zu rücken und das Labyrinthwasser unter stärkeren Druck zu setzen; es muss desshalb das Labyrinth der Fähigkeiten zur Accomodation für die verschiedenen Tonstärken und seines Schutzes gegen ungünstige Schalleindrücke entbehren; zweitens erscheinen die Excursionen des Steigbügelköpfchens nicht mehr durch den Ambosstiel beschränkt, sondern der Steigbügel kann jetzt grössere und unzweckmässigere Bewegungen ausführen und ausgiebiger mit den Schallwellen schaukeln.

Diese vorläufigen Bemerkungen hielt ich zum Verständniss der folgenden Perceptionsversuche für ausreichend, eine genauere Definition der Functionen der einzelnen Paukenhöhlentheile muss ich mir für den dritten Theil dieses Werkes vorbehalten.

Im Folgenden werden wir im Stande sein, zu erkennen, wie die veränderten Gesetze, unter welchen die Schallwellen zum Labyrinthe gelangen, die Auffassung der Worte beeinflussen; die Stimmgabeln c^0 sowohl als a^I werden von den Patienten gleichmässig austönend vernommen und keine Unterbrechungen bemerkt; auch wird das Uhrticken gleichmässig auf einige Zoll Entfernung gehört.

---

b. Perceptionsversuche für die Consonanten.

Die Perception des B-Lautes.

1) Zu Anfang des Wortes:

		Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
Statt Bader	wird gehört:	1 Vater, 1 desgl.	1 Vater, 1 desgl.	1 Wart, 1 Spatz.
„ Bäulen	„ „	1 Fäulen, 1 Heulen.	1 Mäulen.	1 Heute, 1 Eule.
„ Bahlhorn	„ „	1 Waldort, 1 Balro.	1 Balforn.	—
„ Becher	„ „	1 Bette, 1 desgl.	1 Bäcker.	1 Felder, 1 Fechel.
„ Bitter	„ „	1 Bicke, 1 desgl.	1 Schiller.	1 Ritter, 1 desgl.
„ Born	„ „	1 Korn.	2 Worm.	1 Worm.
„ Bock	„ „	1 Kopp, 1 Bopf.	1 Fort, 1 Dort.	1 Bonn, 1 Kopf, 1 Hopf.
„ Buhle	„ „	1 Bahle.	2 desgl.	1 Rolle, 1 desgl.
„ Buse	„ „	2 desgl.	1 Musje.	2 Buhle.
„ Bunt	„ „	1 Holland, 1 Komm.	1 Gold.	1 Wolk, 1 Wollte.
„ Binde	„ „	2 Rindvieh.	2 Wende.	1 Spitze, 1 Bitte.

11 Worte: 21mal richtig percipirt, 35mal verändert.

2) Im Intensitätsmaximum des Wortes:

		Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
Statt Sandbad	wird gehört:	2 Dankbar.	1 Sackbal.	1 Salzbad.
„ Salbe	„ „	2 desgl.	1 Knallbüchs, 1 Salböl.	1 Schwalbe, 1 Kalbe.
„ Salbung	„ „	1 desgl.	2 desgl.	1 desgl.
„ Silbe	„ „	1 Ble,	1 Vilbe, 1 Sinde,	2 desgl.
„ Liebe	„ „	2 desgl.	1 Ibe, 1 Triebe, 1 Kinderspiel.	1 Hiebe, 1 Diebe.
„ Lampe	„ „	1 Flachte, 1 desgl.	1 Lappland, 1 Lachte, 1 Langgut.	2 desgl.
„ Loben	„ „	1 Ofen, 1 Glofe.	2 desgl.	2 Sofen.
„ Darben	„ „	1 Starrte, 1 desgl.	1 Narben, 1 Tauben,	2 Tauben.
„ Himmbeer	„ „	2 desgl.	1 Nichtmehr.	1 Impär, 1 Kinder.
„ Jubel	„ „	2 desgl.	1 Gutbell, 1 Bube.	2 Jugend.
„ Zielpunct	„ „	2 Sildum.	1 Silpum.	1 Sipol.

11 Worte: 43mal richtig percipirt, 14mal verändert.

3) Zu Ende des Wortes:

		Robert W,	Jean W.	Frau Sch.
Statt Syrup	wird gehört:	2 Tyro, 2 Viero.	1 Simmer, 1 Biro, 2 desgl.	1 Till, 1 Tiefe, 1 Bunn.
„ Gelb	„ „	2 desgl.	2 desgl.	1 Jetzt, 1 Geb.
„ Gieb	„ „	2 I.	2 Giebt.	1 Gift, 1 Giebs.
„ Stirb	„ „	2 Stirbt.	1 Firt, 1 Hirt.	1 Stirn, 1 Stärke.
„ Kalb	„ „	2 Kal, 1 Kall.	1 Kart, 1 Kalt.	2 desgl.
„ Halb	„ „	3 Kall.	1 Alt, 1 desgl.	1 Alb.
„ Philipp	„ „	1 Himmi, 1 Himmel.	2 desgl.	2 desgl.
„ Abab	„ „	1 Abram, 1 Ada.	1 Adam, 1 Haraf.	1 Aram, 1 Strass.

8 Worte: 15mal richtig percipirt, 40mal verändert oder nicht.

Gesammtresultat: 30 Versuchsworte.

Die Perception des B-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

21 : 35
43 : 16
15 : 40

Summa: 79 : 91.

Demnach 115 % Nichtperception.

Aus diesen Versuchen ist ersichtlich, dass die Schwierigkeit der Auffassung für einen tiefen und schwachen Laut, wie ihn das B darstellt, mit der Grösse des Defectes zunimmt. Die erste Gruppe zeigte 14 % Nichtperception, die fünfte 115 %. Interessant ist die häufige Umsetzung des B in F. Die Tonschwäche dieses Lautes wird besonders, wenn er am Ende des Wortes steht, empfindlich bemerkt.

Die Perception des K-Lautes (K und hartes G).

1) Zu Anfang des Wortes:

	Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
Statt Katze wird gehört:	2 desgl.	1 Atzel.	1 Hatte, 1 Gasse.
„ Gras „ „	2 desgl.	1 Das, 1 Was.	1 Aal, 1 Haas.
„ Kranz „ „	2 Franz.	1 Gratis, 1 Fand, 1 Gass.	1 Gras, 1 Arzt.
„ Grün „ „	1 Scholi, 1 Sorum. 2 Frühling.	1 Vorigen, 1 Heu, 1 Golip. 1 Früh, 1 Muhi.	1 Rün, 1 Rühl, 1 Rehn. 1 Roje.
„ Kraut „ „	2 Frau.	1 Haus.	—
„ Kuhfus „ „	2 Huhfus.	1 Fufzig, 1 Kukuk.	2 Hofe (sehr laut gesprochen).
„ Käse „ „	2 Gäse.	2 Göthe, 1 Fehlte.	1 Gelte, 1 Lese.
„ Kleid „ „	1 Flei, 1 Fleiss.	2 Fleisch.	1 Drei, 1 Kreis.
„ Korn „ „	2 Komm.	1 Frau, 1 Kor.	3 Dorn.
„ Kirche „ „	1 Fürstche.	1 Hirche, 1 Hirting.	1 Vierzeh.
„ Körner „ „	2 desgl.	2 Hörner.	1 Dörner.
„ Kehle „ „	2 Gehle.	1 Geben.	1 Ehle, 1 Spät.
„ Keule „ „	2 desgl.	—	1 Heulen, 1 Gäule.
„ Kohle „ „	1 Bohne, 1 Ohle.	1 Hosen, 1 Vornehm.	1 Hohlen, 1 Hulle.

14 Worte: 26mal richtig percipirt (d. h. als K oder hartes G), 57mal verändert.

2) Im Intensitätsmaximum des Wortes:

	Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
Statt Heimkehr wird gehört:	2 Heimgehen.	2 Heidelbeer.	1 Eingehn.
„ Zirkel „ „	2 Siegfried.	2 desgl.	1 Schirting, 1 Erde.
„ Hartkopf „ „	2 Halbkopf.	1 Kalbskopf.	2 Wandkorb.
„ Denken „ „	2 desgl.	2 desgl.	1 Enten, 1 Hecken.
„ Dankbarkeit „ „	2 desgl.	2 desgl.	2 desgl.

5 Worte: 22mal richtig, 7mal verändert percipirt.

3) Zu Ende des Wortes:

		Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
Statt Schalk	wird gehört:	1 Schaden, 1 Schafe	1 Schalt, 1 Alt.	1 Schack, 1 Knall.
„ Viereck	„ „	1 desgl., 1 Thüre.	1 Thürsteher, 1 Türging.	1 Erdöl, 1 Irrgehn.
„ Hausrock	„ „	2 Fausrupp.	1 Hausforst, 1 Hausborsch.	2 Hauswohn.
„ Zurück	„ „	2 desgl.	3 desgl.	1 Barücken, 1 Strohdecken.
„ Bock	„ „	1 Kopp, 1 Bopf 1 Fort.	1 Bone, 1 Dort.	1 Kopf, 1 Hopf.
„ Türk	„ „	1 desgl., 1 Kürb.	1 Würken, 1 Wirde.	1 Kürzen, 1 Kerben.
„ Trunk	„ „	1 desgl., 1 Tomb.	1 Voll, 1 Holl.	1 Ruhm, 1 Rumpf.
„ Taback	„ „	1 Erbach, 1 Kerbach.	2 Matratzen,	2 desgl.

8 Worte: 14mal als K-Laut, 36mal verändert percipirt.

Gesammtresultat: 27 Versuchworte.

Die Perception des K-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

	26 :	57
	22 :	7
	14 :	36
Summa:	62 :	100.

Demnach 161 % Nichtperception.

Es wäre im höchsten Grade auffallend, wenn wir bei allen drei Patienten stets dieselben Umsetzungen finden würden; Geräusche in der Umgebung, verschiedene Tonstärke des Sprechenden, momentane Disposition des defecten Ohres und Individualität des Patienten wirken bei allen Versuchen zusammen, um bei dem Patienten bald diese, bald jene Umsetzung zu begünstigen.

Kam es nun bei den vorliegenden Versuchen in erster Linie darauf an, festzustellen, welche Reihenfolge die Perceptionsschwierigkeiten im Ganzen und Grossen einhalten, so wird es andererseits nicht uninteressant erscheinen, eine acustische Erklärung mancher besonders übereinstimmender Umsetzungen aufzusuchen. Die grösste Uebereinstimmung zwischen den drei Patienten zeigt die Umsetzung des K in das sogenannte harte G, nämlich 18mal wird statt K dieses G gehört. In der Procentberechnung musste es natürlich, weil es doch ein K-Laut ist, unter die richtigen Auffassungen gerechnet werden. In einer früheren Betrachtung (vergl. S. 52) habe ich gezeigt, dass zwischen diesen beiden Lauten vornehmlich Unterschiede in der Tonstärke und Klangfarbe bestehen. Das defecte Ohr, welchem die schallverstärkende Kraft des Trommelfelles fehlt, wird daher gern geneigt sein, den stärkeren und härteren Laut als schwächeren und sanfteren aufzufassen, daher werden sehr oft statt P, K, T die Laute B, G, D gehört. Die Schwierigkeit der Auffassung des K-Lautes ist so be-

deutend, dass es nur in einem Worte vollständig rein zum Vorschein kommt; es ist dies ein Wort, welches sich durch einen exquisit rythmischen Tonfall auszeichnet, welches sehr angenehm klingt, dessen Sinn aber leider von der Menschheit oft genug vergessen wird — es ist das Wort „Dankbarkeit"; es wurde von den Patienten aller fünf Gruppen präcis und deutlich gehört.

Wenn wir nun die Umsetzung des K in G, H, B und D wohl auf Rechnung der Tonschwäche bringen konnten, so finden sich doch noch eine Reihe interessanter Umsetzungen, welche sich nicht anders als aus der Annahme von Nachschwingungen, welche das frei balancirende Stapesköpfchen ausführt, erklären lassen. Wir werden noch reichlich Gelegenheit haben, im Verlaufe dieser Versuchsreihe diese interessante Erscheinung zu berücksichtigen. Hier in dem vorliegenden Versuche ist es namentlich das K am Ende des Wortes, welches der frei balancirende Steigbügel nicht beherrschen kann, daher finden wir nicht einen reinen scharfen Abschluss, sondern ein Wanken, Dehnen, Auseinanderzerren der Endsilbe.

Statt Türk wird gehört: 1 Würken, 1 Wirde, 1 Kürzen, 1 Kerben.
„ Viereck „ „ 1 Thüre, 1 Thürsteher, 1 Irrgehn.
„ Taback „ „ 2 Matratzen.
„ Schalk „ „ 1 Schafe, 1 Schaden.
„ Zurück „ „ 1 Barücken, 1 Strohdecken.

Aber auch am Anfang und in der Mitte des Wortes entsteht zuweilen eine solche Dehnung; Beispiele dafür sind:

Statt Grün wird gehört: 1 Scholi, 1 Sorum, 1 Vorigen, 1 Golip, 1 Roje, 2 Frühling, 1 Muhi.
„ Heimkehr „ „ 2 Heidelbeer.

Ich will nicht entscheiden, ob die Umsetzung des K zu Ende des Wortes und die Zertheilung in die zwei Laute Pf, welche sich bei zwei Patienten übereinstimmend findet, auch auf Rechnung der Nachschwingungen des Steigbügels zu setzen ist.

Statt Bock wird gehört: 1 Bopf, 1 Kopf, 1 Hopf.
„ Trunk „ „ 1 Rumpf.

Jedenfalls findet sich eine ähnliche Umsetzung bei keiner der übrigen Gruppen.

Die Perception des T-Lautes

bietet gleichfalls so viele interessante Einzelheiten und regt zu so mannichfachen acustischen Vergleichen an, dass es nicht ungerecht-

fertigt erscheinen mag, wenn ich eine grössere Reihe von Versuchen hier vorführe.

1) Zu Anfang des Wortes:

		Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
Statt Taback	wird gehört:	2 Erbach, 1 Kerbach.	2 Matratzen.	2 desgl.
„ Türk	„ „	1 desgl., 1 Kürh.	1 Würken, 1 Wirde.	1 Kürzen, 1 Kerben.
„ Tugend	„ „	1 Tuch, 1 Zuden.	1 Zuget, 1 Fuch.	1 Fluch, 1 Guteck.
„ Trunk	„ „	1 Dom, 1 Tomb.	1 Voll, 1 Holl.	1 Ruhm, 1 Rumpf.
„ Trompete	„ „	2 desgl., 1 Sorbete.	2 Dompete.	1 Hoble, 1 Kromlegen.
„ Tölpel	„ „	2 Schönfeld, 1 Selbet.	2 Lölken.	2 Völpen.
„ Tisch	„ „	1 Tische, 1 Tüsschen.	1 Hügel, 1 List,	1 Fisch, 1 desgl.
„ Tief	„ „	1 Gies, 1 Viel, 1 Hieb.	1 Lieb, 1 Sieh.	1 Rief, 1 desgl.)
„ Thurm	„ „	1 Todte, 1 Dom.	2 Blum.	2 Dom.
„ Thür	„ „	1 Tia, 1 Schäs.	1 Führen, 1 desgl.	1 Hör, 1 Hören.
„ Thräne	„ „	1 Reh, 1 Rede.	2 Rämen.	1 Reden, 1 Trägen.
„ Thron	„ „	1 Todt, 1 Brod (s. l.),	2 Kohl.	1 Rosen, 1 Kohl, 1 Hohl.
„ Traurig	„ „	1 Raubthier, 1 Trauring.	1 Rauhwind, 1 Grauling.	1 Daube.
„ Drache	„ „	1 Wassertrinken.	1 Dante, 1 Vatter, 1 Kracke.	1 Nachts, 1 Sache, 1 Kaffee.
„ Dankbarkeit	„ „	2 desgl.	2 desgl.	2 desgl.
„ Dichtung	„ „	1 Linksum.	1 Tictus, 1 Hinctus.	1 Nichtso, 1 Dickdo, 1 Fickdo.
„ Dieser	„ „	1 Wider, 1 Knister.	1 Milchsuppe, 1 Ditzel.	3 Giessen, 1 desgl.
„ Denken	„ „	2 desgl.	2 desgl.	1 Enten, 1 Hecken.
„ Darben	„ „	1 Starrte, 1 desgl,	1 Narben.	1 Trauben, 1 Lauben, 1 Nachwelt.
„ Thal	„ „	1 Thal, 1 Schmal.	1 Thran, 1 Lar, 1 Al.	1 Al, 1 Nah.
„ Thaler	„ „	2 Thale.	1 Sarah, 1 Tale.	1 Aal, 1 Haar.
„ Tasse	„ „	1 Kaste.	1 Kassel, 1 Kasten.	2 Gassel.
„ Degen	„ „	1 Besen.	1 Lenchen, 1 Weg.	1 Zählen, 1 Segen.

23 Versuchsworte: 48mal richtig percipirt, 99mal verändert.

2) Im Intensitätsmaximum des Wortes*):

		Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
Statt Windrose	wird gehört:	2 Trinkmose.	3 Milchbrode, 1 Sindenhofe.	2 desgl., 1 Wink, 1 Wild.
„ Zentner	„ „	2 Fenster.	1 desgl.	1 Sekster, 1 Secto.
„ Warten	„ „	2 Wachsen, 1 desgl.	1 Magd.	1 Markt, 1 Schwarze.
„ Wetzen	„ „	1 Wälzen, 1 Bettelen.'	2 Sechzeh, 1 Fünfzeh, 1 Jetzt.	1 Wetten, 1 Messe, 1 Metzge.
„ Soldat	„ „	2 desgl.	2 desgl.	1 desgl., 1 Schoclad.
„ Sünde	„ „	1 Gänse, 1 Sänche.	1 Blatte, 1 desgl.	1 Zehnte, 1 Godde.
„ Soden	„ „	2 desgl.	2 desgl.	1 Sodbrenn, 1 Sonn.
„ Satan	„ „	1 desgl., 1 Vater,	1 desgl., 1 Salcalden.	1 Mate, 1 desgl.
„ Siechthum	„ „	1 Gingzû, 1 Siehst du.	2 Sieh du.	1 Sieden.
„ Sendung	„ „	1 desgl.	1 Sector.	1 Zentner.
„ Sandbad	„ „	2 dankbar.	1 Sackbal, 1 Landwas.	1 Salzbad.
„ Lende	„ „	1 Menche, 1 Lenz.	1 Waschkübbel.	1 Bendt, 1 Lette.
„ Lunte	„ „	1 Sonne, 1 Grosse.	1 Flotte, 1 Lutte.	1 desgl., 1 Glonte, 1 Lonte.

---

*) Ich habe hier aus der grossen Anzahl nur einige Versuchsworte zusammengestellt, wie ich sie gerade traf; die übrigen bieten ähnliche Perceptionsresultate und sind unter anderen Rubriken bereits abgehandelt oder folgen noch.

Statt Leiste	wird gehört:	3 Leise.	1 Eiche, 1 Fleissig, 1 Leichtsinn.	2 desgl.
„ Leder	„ „	1 Jäger, 1 Feder, 1 Gebe.	1 Träger, 1 Später.	2 Später.
„ Nutzen	„ „	1 Holze.	1 Joseph, 1 Nutzis.	3 Lotze, 1 Schlosse.
„ Note	„ „	1 Klose, 1 Grosse.	1 Rothe, 1 desgl.	1 desgl.

17 Versuchsworte: 62mal richtig percipirt, 40mal verändert.

3) Zu Ende des Wortes:

		Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
Statt Bunt	wird gehört:	1 Holland, 1 Komm.	1 Gold.	1 Wolk, 1 Wollte.
„ Freund	„ „	2 Morgen.	2 Heut.	1 desgl.
„ Kraut	„ „	2 Haus.	2 Frau.	—
„ Nacht	„ „	1 Land, 1 Knapp.	1 Aff, 1 Dachs,	2 Natt.
„ Nest	„ „	1 Geld, 1 Helsten.	1 Essen, 1 Fest.	1 Netz, 1 Letz.
„ Soldat	„ „	2 desgl.	2 desgl.	1 desgl. 1 Schoclad.
„ Sandbad	„ „	2 Dankbar.	1 Sackbal, 1 Sandwal.	1 Salzbad.
„ Roth	„ „	1 Ott, 1 Gron, 2 Brod.	2 Brod.	2 desgl.
„ Zucht	„ „	1 Zuck, 1 Soch.	1 Zung, 2 Supp,	1 Supp, 1 Doch.
„ Dankbarkeit	„	2 desgl.	2 desgl.	2 desgl.
„ Heimath	„ „	2 desgl.	1 Einmal, 1 Dreimal.	1 Weimar.
„ Jemand	„ „	2 desgl.	2 desgl., 1 Jena.	1 Geheim, 1 desgl.
„ Zielpunct	„ „	1 Sidum, 1 Silpum.	1 Sildum.	1 Sibol.
„ Tugend	„ „	1 Tuch, 1 Zuden.	1 Zuget, 1 Fuch.	1 Fluch, 1 Guteck.

14 Versuchsworte: 41mal richtig percipirt, 37mal verändert.

Gesammtresultat: 54 Versuchsworte.

Die Perception des T-Lautes verhält sich zur Nichtperception:

48 : 99
62 : 40
41 : 37

Summa: 151 : 176.

Demnach 116 % Nichtperception.

Der Aehnlichkeit im acustischen Character zwischen dem B-Laute und dem T-Laute trägt auch das defecte Ohr Rechnung, für das B fanden wir 115 % Nichtperception, für das T 116 %; auch die Art der Verwechslungen bietet mannichfache Uebereinstimmung.

Die häufige Verwechslung des T-Lautes mit H findet ihre Erklärung in dieser Gruppe in derselben Weise, wie ich dies bei der zweiten und dritten Gruppe erörtert habe, nur ist natürlich diese Verwechslung hier beträchtlich häufiger.

Die Zusammenstellung Tr bietet hier die grössten Schwierigkeiten, es wird bald der eine, bald der andere dieser beiden in ihren acustischen Eigenschaften so verschiedenen Laute eliminirt; zusammen werden sie in 33 Versuchen nur 4mal verstanden. (2 Trompete, 1 Trauring, 1 Trägen.) Das R ist hart, knarrend, intermittirend und der relativ tiefste Ton der Sprache, wegen der ersteren Eigenschaften daher von stärkerem, wegen der letzteren von schwächerem Eindrucke auf das

Ohr, weil tiefe Töne viel stärker sein müssen als hohe, um das Ohr anzusprechen; das T dagegen liegt ziemlich hoch in der Scala, ist aber verhältnissmässig schwach.

Je nachdem nun die eine oder andere Eigenschaft dieser beiden Laute mehr hervortritt, wird der R-Laut oder der T-Laut zur Perception kommen, und zwar constant wechselnd bei allen drei Patienten.

Statt Trunk	wird	gehört:	1 Dom, 1 Tomb, 1 Ruhm, 1 Rumpf.
„ Thräne	„	„	1 Rämen, 1 Reh, 1 Reden.
„ Thron	„	„	1 Todt, 1 Brod, 1 Rosen.
„ Traurig	„	„	1 Raubthier, 1 Rauhwind, 1 Daube.

Das auffallend günstige Resultat der Perception des T-Lautes in der Mitte des Wortes hat wohl neben der Verstärkung durch das Intensitätsmaximum darin seinen Grund, dass durch ein eingeschaltetes T die umgebenden Laute in ihrem Klangcharacter modificirt werden und das T selbst sich schärfer abhebt; so würde z. B. das „ach“ in Nachtigall ganz entschieden anders lauten, wenn man mit Weglassung des T „Nachigall“ sprechen wollte. In dieser Position hat das T die Eigenschaft eines scharfen Accentes, welcher natürlich durch Hinzufügung eines zweiten T noch verschärft und der vorhergehende Vocal noch weiter verkürzt wird. Beispiele hierfür geben die der Perception des T sehr günstigen Worte Bitter, Ritter, Gewitter, Flitter, Götter, Mutter, Butter, Futter, Natter.

Am Ende des Wortes wird es sehr häufig nicht gehört, namentlich wenn es einem dunklen Consonanten folgt, dagegen tritt es dem defecten Ohre viel deutlicher hervor, wenn es einem S folgt.

Die Perception des F-Lautes.

1) Zu Anfang des Wortes: 11 Versuchsworte. Der F-Laut wird 24mal richtig percipirt, 36mal verändert. Besondere Schwierigkeiten macht die Zusammenstellung Fr.

2) Im Intensitätsmaximum des Wortes: 11 Versuchsworte. Der F-Laut wird 34mal richtig percipirt, 33mal verändert.

3) Zu Ende des Wortes: 8 Versuchsworte. Der F-Laut wird 23mal richtig percipirt, 26mal verändert.

	24 : 36
	34 : 33
	23 : 26
Summa:	81 : 95.

Demnach etwa 117 % Nichtperception.

Die Perception des S-Lautes.

1) Zu Anfang des Wortes: 21 Versuchsworte. Der S-Laut wird 88mal richtig percipirt, 31mal falsch.

2) Im Intensitätsmaximum des Wortes: 19 Versuchsworte. Der S-Laut wird 91mal richtig, 14mal falsch percipirt.

3) Zu Ende des Wortes: 11 Versuchsworte. Der S-Laut wird 53mal richtig percipirt, 13mal verändert.

	88 : 31
	91 : 14
	53 : 13
Summa:	232 : 58.

Demnach 25 % Nichtperception.

Am besten wird das S vor Vocalen gehört, am schlechtesten als St. Am meisten wird es mit T verwechselt. Dieses ausserordentlich günstige Perceptionsresultat wird einerseits aus der günstigen hohen Tonlage seines Grundtones und daher der Kleinheit der einzelnen Schwingungen, andererseits aus der ziemlich beträchtlichen Tonstärke zu erklären sein. Ich werde noch öfters Gelegenheit haben, zu erörtern, wesshalb Töne mit kleinen Schwingungsbögen, also grossen Schwingungszahlen, vom defecten Ohre relativ gut aufgefasst werden.

Die Perception des Sch-Lautes.

1) Zu Anfang des Wortes: 12 Versuchsworte. Der Sch-Laut wird 58mal richtig percipirt, 15mal verändert oder nicht gehört.

2) Im Intensitätsmaximum des Wortes: 5 Versuchsworte. Der Sch-Laut wird 30mal richtig percipirt, 3mal verändert.

3) Zu Ende des Wortes: 3 Versuchsworte. Der Sch-Laut wird 10mal richtig percipirt, 6mal verändert oder nicht gehört.

Gesammtresultat: 22 Versuchsworte.

	58 : 15
	30 : 3
	10 : 6
Summa:	98 : 24.

Demnach etwa 25 % Nichtperception.

Aus den früher definirten acustischen Eigenschaften dieser so melodischen Consonantenvereinigung, welche ein Mittelglied und eine Ueber-

gangsstufe zwischen Consonanten und Vocalen darstellt, und welche den Vocal I, das S und das weiche Ch in sich vereinigt, ist es ersichtlich, dass sie dem defecten Ohre besonders günstig sein wird. So finden wir denn auch das günstigste Perceptionsverhältniss für ihn, welches diese Gruppe für Consonanten überhaupt bietet. Nur ein Patient, Jean W., hört ihn in den 22 Versuchsworten bei 38 Versuchen 14mal verändert, und zwar häufig den Vocal I statt seiner, die beiden anderen Patienten zusammen fassen ihn dagegen in 60 Versuchen, nur 10mal verändert auf. Verwechslungen mit anderen Consonanten, als mit denen, welche einzeln zu seiner Bildung zusammentreten, nämlich dem S oder Ch und H, werden nur 5mal bemerkt.

Statt	Schaum	wird gehört:	1 Lau, 1 Laut.
„	Schalk	„ „	1 Alt, 1 Knall.
„	Schoppen	„ „	1 Glocke.
„	Schellen	„ „	1 Gell.

Mehrmals wurde er auch zu Anfang des Wortes gar nicht gehört und blos ein H.

Statt	Schmalcalden	wird gehört:	1 Malzeit.
„	Schalk	„ „	1 Alt.
„	Scheibe	„ „	1 Heite.
„	Schwarm	„ „	1 Warm.

Wenn die Tonlage und der ganze acustische Character dieses Lautes, insbesondere aber seine reiche Klangfarbe, das defecte Ohr nicht so exquisit deutlich anspräche, so würden wir viel häufiger Verwechslungen mit anderen Lauten finden, wie sie die Versuche mit den übrigen Consonanten bereits aufgewiesen haben.

Die acustische Verwandtschaft des Vocales I und des Sch-Lautes trat zuweilen so deutlich hervor, dass geradezu statt Sch ein I gehört wurde, z. B. statt Schnarchen wird gehört: Im-narchen, I-nartge.

Die Perception des R-Lautes.

1) Zu Anfang des Wortes:

	Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
tt Rauchen wird gehört:	1 Galopp, 1 Draussen, 1 Frauen.	1 Bauchwell, 1 Traube, 1 Hausen.	1 Hauch, 2 Auge.
Rauschen „ „	1 Drauschen, 1 desgl.	1 Tauschen, 1 Hausschlüssel.	2 Bauschen, 1 Ausch.
Räuchern „ „	1 Bräutchern, 1 Mäuchen.	1 Heut noch, 1 Kräute.	2 Heute, 1 Aeugen.
Reuling „ „	2 desgl.	2 desgl.	1 desgl., 1 Heuling.
Reinigung „ „	1 Reinigo.	1 Heinbuch, 1 Reining.	1 Heiligung, 1 desgl.
Riese „ „	1 Briese, 1 Biese, 1 desgl.	1 Liebe, 1 Liese.	1 Wiese, 1 Drieben.

Statt Rund wird gehört:	1 Und, 1 Gold, 1 Gut.	1 Holz, 1 Volk.	1 Hund, 1 Ort, 1 des
,, Ranzen ,, ,,	1 Katz, 1 desgl.	1 Granz, 1 Franzel, 1 Katzen.	1Gasse,1Reise,1 Dreiz
,, Rose ,, ,,	2 Grosse 1 desgl.	2 desgl., 1 Rode.	1 desgl.
,, Roth ,, ,,	2 Brod, 1 Ott, 1 Grou.	2 Bròd.	2 desgl.
,, Rollen ,, ,,	2 desgl., 1 Koll.	1 Kollepp, 1 Wollepp.	1 Eule, 1 Rollet, 1 W
,, Rechnen ,,	1 Betteln, 1 Retschen, 1 Repden.	2 Rechte, 1 Sechzeh.	1 Rinden, 1 Rückten
12 Versuchsworte:	29mal richtig percipirt,	58mal verändert oder nicht.	

2) Im Intensitätsmaximum des Wortes: 20 Versuchsworte. Der R-Laut wird 79mal richtig, 24mal verändert percipirt.

3) Zu Ende des Wortes *):

	Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
Statt Heimkehr wird gehört:	1 Einkehr.	1 Heidelbeer.	1 Heimgehn.
,, Hannover ,, ,,	1 Schalloge, 1 Annokopf.	1 Joch, 1 Floh.	1 Kartoffel, 2 desgl.
,, Himmbeer ,, ,,	2 desgl.	1 Nicht mehr.	1 Kindär, 1 Impär.
,, Wörner ,, ,,	2 desgl.	—	1 Kirme.
,, Dieser ,, ,,	1 desgl. 1 Wieder.	1 Kniester, 1 Milchsupp.	1 Ditzel, 1 Giessen.
,, Zeuner ,, ,,	1 Scheune.	1 Säule.	1 Leute, 1 Reuter.
,, Zentner ,, ,,	2 Fenster.	1 desgl.	1 Sechstes, 1 Secto.
,, Thaler ,, ,,	2 Thale.	1 Sarah.	1 Har, 1 Al.
,, Laster ,, ,,	2 Plaster.	1 desgl.	1 Wasser.
,, Messer ,, ,,	2 desgl.	1 desgl., 1 Besser.	2 Meste.
,, Muster ,, ,,	2 desgl.	2 desgl.	1 desgl., 1 Russland.
,, Maler ,, ,,	2 desgl.	1 Malen.	1 Schmale.
,, Führer ,, ,,	1 Nüre, 1 Thüre.	1 Giraff, 1 Filomme.	1 desgl.
,, Fischer ,, ,,	1 Frischen, 1 Tische.	1 Bücher, 1 Ziegler.	1 desgl.
,, Becher ,, ,,	1 Felder, 1 Fecher.	1 Bette, 1 Bäcker.	1 desgl.
,, Silber ,, ,,	1 Singe, 1 Hilfe.	1 Zind. 1 Zinner.	2 desgl., 1 Elbert.
16 Versuchsworte:	46mal richtig,	34mal verändert oder nicht.	

Statt Stadtthor wird gehört:	1 desgl.	1 Balko, 1 desgl.	1 Lotto.
,, Caspar ,, ,,	1 Waidenn.	1 Caspe.	2 Dasbach.
,, Wanduhr ,, ,,	1 Handbuch, 1 Weisst du.	1 Wall, 1 Wald.	1 Wallrott.
,, Nadelöhr ,, ,,	1 Stachhö.	1 Nassö.	2 Nadelhör.
,, Gieb mir ,, ,,	1 Büdingen, 1 Restdi.	1 Blumer, 1 Emusje.	—
,, Thür ,, ,,	1 Tia, 1 Schäs.	1 desgl., 1 Führe.	1 Höre, 1 Hören.
,, Stubenthür ,, ,,	1 Sufried, 1 Stuhlzicht.	1 desgl., 1 Liebe.	1 Stubenkehr.
7 Versuchsworte:	10mal richtig,	21mal verändert oder nicht.	

Gesammtresultat: 55 Versuchsworte.

29 : 58
79 : 24
46 : 34
10 : 21

Summa: 164 : 137.

Demnach 83% Nichtperception.

*) Wegen der bedeutend günstigeren Auffassung der Endsilbe er gegenüber den Silben ar, or, ur, ir schien es mir geeignet, die auf er endigenden Versuchsworte gesondert zu gruppiren.

Der R-Laut lässt eine grosse Aehnlichkeit in der Art der Perception zwischen der vierten und fünften Gruppe constatiren, wenn er auch einen viel günstigeren Procentsatz der Nichtperception bei der fünften Gruppe erkennen lässt. Auch hier wird sehr oft der einfache Hauchlaut H an seine Stelle gesetzt. Anderntheils bemühen sich die Patienten durch Vorsetzen eines festeren Lautes, z. B. eines K oder T, dem R-Laut eine Stütze zu geben, vermuthlich weil die Vibrationen des R in dem defecten Ohre eine schwankende, unsichere Empfindung erregen.

Die häufige Umsetzung von ar in au dagegen erklärt sich vielleicht daraus, dass die das R characterisirenden Vibrationen wegen Mangels des Trommelfelles mehr oder weniger verloren gehen und in diesen Fällen ein gleichmässiger, schwacher, tiefer Ton, deren ja das R mehrere enthält, zur Perception kommt, welcher leicht mit dem in der Scala nahe stehenden U verwechselt wird.

Statt Darben wird gehört: Trauben, Tauben.
„ Schwarm „ „ Schpau, Schmauss.

Die gleiche Verwechslung findet sich auch beim grösseren einfachen Trommelfelldefecte der dritten und vierten Gruppe.

Die Perception des L-Lautes.

1) Zu Anfang des Wortes:

	Robert W.	Jean W.	Frau Sch.
Statt Lampe wird gehört:	1 Flachte, 1 desgl.	1 Lappland, 1 Langguth, 1 Lachte.	2 desgl.
„ Leder „ „	1 Jäger, 1 Feder, 1 Gebe.	1 Träger, 1 Später.	2 Später.
„ Loben „ „	1 Glofe, 1 Ofen.	2 desgl.	2 Sofen.
„ Liebe „ „	2 desgl.	1 Ibe, 1 Triebe, 1 Kinderspiel.	1 Iliebe, 1 Diebe.
„ Laster „ „	2 Plaster.	1 Wasser, 1 desgl.	2 Plaster.
„ Lügen „ „	2 Fügen, 1 desgl.	1 Kriechen, 1 Kühlin, 1 Hügel, 1 Hüten.	2 Vögel.
„ Leiste „ „	2 Leise.	1 Eiche, 1 Fleissig, 1 Leichtsinn.	2 desgl.
„ Lösen „ „	1 Böse.	1 Böse, 1 Besen.	1 Röse.
„ Leute „ „	2 desgl.	2 desgl.	2 desgl.
„ Lende „ „	1 Menche.	1 Wäschkübbel, 1 Lenz, 1 Bende.	1 Lette.
„ Lunte „ „	1 Sonne, 1 Grosse.	1 Flotte, 1 Lutte.	1 Glonte, 1 Lonte, 1 desgl.

11 Versuchsworte: 28mal richtig, 42mal verändert percipirt.

2) Im Intensitätsmaximum des Wortes: 17 Versuchsworte.

Der L-Laut wird 71mal richtig percipirt, 14mal verändert oder nicht aufgefasst.

3) Am Ende des Wortes: 10 Versuchsworte.

Der L-Laut wird 32mal richtig, 23mal verändert oder nicht percipirt.

Gesammtresultat: 38 Versuchsworte.

Es verhält sich die Perception des L-Lautes zur Nichtperception:

	28	:	42
	71	:	14
	32	:	23
Summa:	131	:	79.

Demnach etwa 60% Nichtperception.

Eine wichtige und interessante Veränderung, welche das L zu Anfang des Wortes erleidet, fällt bei der Betrachtung dieser Versuchsreihe besonders in die Augen. Die Patienten bemühen sich nämlich, dem unsicher und schwankend ins Ohr fallenden L-Laute dadurch einen Halt zu geben, dass sie demselben einen präciseren Laut vorsetzen. So entstehen aus Loben, Laster, Leiste, Lunte die Worte Glofe, Plaster, Fleissig, Flotte. Es hat auch offenbar der L-Laut eine unsichere, schwankende Tonbewegung — daher das Lallen. Ein scherzhafter Vergleich sei mir hier erlaubt. Bei starkem Genuss von Spirituosen bekommt die Sprache des so veränderten Individuums einen lallenden Character, welches man in der Studentensprache sehr treffend „Zungenschlag" nennt, d. h. die schaukelnde Bewegung des ganzen Körpers manifestirt sich auch in der Zungenthätigkeit; vergebens bemüht sich der Berauschte, diese Bewegungen seiner Zunge zu beherrschen. In ähnlicher Art bemüht sich nun auch der Mensch, welcher Hammer und Ambos verloren hat, die durch den schwankenden L-Laut an seinem frei pendelnden Steigbügel angeregten, ausgiebigen Schwingungen zu fixiren, indem er dem anlautenden L einen präciseren Consonanten vorsetzt. Wie oft habe ich gerade desshalb, weil mir dies gleich anfangs auffiel, mich bemüht, die mit L anfangenden Worte so laut als möglich zu sprechen, während die Patienten immer wieder Plaster, Glofe, Flotte etc. wiederholten. Zuweilen schien dieses Wanken des Anfangslautes auch noch die übrigen Laute des Wortes in Mitleidenschaft zu ziehen.

Statt Liebe wurde gehört: 1 Kinderspiel.
„ Lende „ „ 1 Wäschkübbel.
„ Lunte „ „ 1 Grosse, 1 Sonne, 1 Flotte.

Steht der L-Laut in der Mitte eines Wortes, so scheint die eigenthümlich schwankende Beschaffenheit desselben weniger zur Geltung

zu kommen, aber am Ende des Wortes bemühen sich die Patienten wiederholt, demselben einen Halt zu geben und gewissermassen die Nachschwingungen des Steigbügels zu fixiren, oder das L ganz auszuscheiden und durch festere Laute zu ersetzen, z. B.

Statt	Soll wird gehört:	1 Sold.
„	Himmel „ „	1 Hild.
„	Zirkel „ „	1 Hirgeld, 1 Siegfried.
„	Thal „ „	1 Lahr, 1 Thran.
„	Stachel „ „	1 Schachtel, 1 Lach, 1 Lang.
„	Kühl „ „	1 Thür, 1 Hüt.
„	Vogel „ „	1 Kopf, 1 Ohren, 1 Ofen, 1 Voge.

Dass das Wort „Nachtigall“ eine Ausnahme macht und von allen Patienten gleichmässig gut percipirt wird, hat wohl darin seinen Grund, dass es zu den mit rhythmischem Tonfall ausgestatteten, der Perception ganz besonders günstigen Worten gehört und ursprünglich wohl dem so wunderbar musikalischen, lieblichen kleinen Sänger beigelegt ist, um auch sprachlich seine uns anmuthende Eigenschaft zu bezeichnen, indem es sich ableitet aus den Worten „Nacht“ und dem altdeutschen „Gall,“ welches letztere soviel als „Klang“ bedeutet.

Die Perception des M-Lautes.

1) Zu Anfang des Wortes: 11 Versuchsworte.

Der M-Laut wird 36mal richtig aufgefasst, 24mal falsch, darunter 7mal mit W verwechselt.

2) Im Intensitätsmaximum des Wortes: 12 Versuchsworte.

Der M-Laut wird 46mal richtig aufgefasst, 18mal falsch, darunter 7mal mit N verwechselt.

3) Zu Ende des Wortes: 6 Versuchsworte.

Der M-Laut wird 16mal richtig aufgefasst, 18mal falsch oder gar nicht gehört.

	36 : 24	
	46 : 18	
	16 : 18	
Summa:	98 : 60.	

Demnach etwa 61% Nichtperception in 29 Versuchsworten.

Die Perception des N-Lautes.

1) Zu Anfang des Wortes: 18 Versuchsworte.

Der N-Laut wird 45mal richtig aufgefasst, 58mal falsch oder gar nicht gehört.

2) Im Intensitätsmaximum des Wortes: 22 Versuchsworte.

Der N-Laut wird 82mal richtig aufgefasst, 42mal verändert, darunter 18mal mit L verwechselt.

3) Zu Ende des Wortes.

Hierbei erschien es angemessen, die auf en endigenden zahlreichen Worte gesondert zu gruppiren, und in die andere Gruppe nur soviel auf en endigende Worte aufzunehmen, als die Zahl jeder der Endigungen an, on, un, in u. s. w. betrug. Hieraus ergeben sich folgende Verhältnisse:

I. (Haupt)Gruppe: 17 Versuchsworte.

Der N-Laut wird 39mal richtig aufgefasst, 53mal verändert oder nicht gehört.

II. (Neben)Gruppe auf en endigende 16 Versuchsworte.

Der N-Laut wird 43mal richtig aufgefasst, 54mal verändert, darunter 42mal gar nicht gehört, in den übrigen meist mit L verwechselt.

Zu Anfang des Wortes	45	:	58
Im Intensitätsmaximum des Wortes	82	:	42
Zu Ende des Wortes	39	:	53
	43	:	54
Summa:	209	:	207.

Demnach etwa 100% Nichtperception in 73 Versuchsworten.

Die Perception des W-Lautes.

Es wurden nur Versuche zu Anfang des Wortes angestellt: 12 Versuchsworte.

Der W-Laut wird 24mal richtig, 43mal falsch aufgefasst. Demnach etwa 179% Nichtperception. Sehr oft wurde er mit M und V oder F verwechselt, seltner mit B, am wenigsten mit S.

Einige interessante Umsetzungen sind:

Statt Warten wird gehört: 2 Wachsen, 1 Magd, 1 Markt, 1 Schwarze.
„ Weile „ „ 1 Dreissig, 1 Freihlig, 1 Keile.
„ Wetzen „ „ 1 Wälzen, 1 Bettelen, 1 Wetten, 1 Messe, 1 Jetzt.

Statt Wiese wird gehört: 1 Giese, 1 Riese, 1 Fische, 1 Fünfzig, 1 Liese.
„ Windrose „ 1 Trinkmose, 1 Milchbrode, 1 Sindenhofe.
„ Würme „ „ 1 Thürommen, 1 Kirche, 1 Bürde, 1 Hörne.

Die Perception des H-Lautes.

23 Versuchsworte. Zu Anfang des Wortes wird der H-Laut 61mal richtig aufgefasst, 65mal verändert oder gar nicht. Demnach etwa 106% Nichtperception. Wegen seiner Tonschwäche wurde er viel häufiger gar nicht gehört, als mit anderen Lauten verwechselt.

Gesammtauffassung der tonborgenden Laute.

Bereits früher habe ich angedeutet, dass auch das defecte menschliche Ohr der Verwandtschaft der tonborgenden Laute L, M, N und W untereinander Rechnung trägt und dass Verwechslungen dieser Laute untereinander sehr häufig vorkommen. Die vorliegende Versuchsreihe der fünften Gruppe zeigt diese gleichfalls in hohem Masse. Das Procentverhältniss der Nichtperception würde für diese den Vocalen nahestehenden und daher der Perception relativ günstigen Laute ein erheblich besseres sein, wenn wir die Verwechslungen derselben untereinander ausser Acht lassen würden. Die acustischen Eigenschaften, wodurch diese Laute von einander geschieden werden können, manifestiren sich vornehmlich durch die Klangfarbe, und zwar durch die Art des An- oder Abklingens, und sind so wenig präcis, dass das schlecht adaptirte defecte Ohr wenig von ihnen angesprochen wird, wenn auch ihre Tonstärke in Verbindung mit Vocalen, wie wir gesehen haben, eine relativ beträchtliche genannt werden kann. Das defecte Ohr unterscheidet wohl noch deutlich, dass einer der tonborgenden Consonanten den scharf einfallenden Vocal begleitet, dessen Anklingen oder Abtönen ändert, aber es ist sehr oft nicht im Stande zu unterscheiden, ob es L, M, N oder W ist. So hebt sich besonders das M am Ende eines Wortes in Verbindung mit einem dunklen Vocale schon dem gesunden Ohre wenig ab und fehlt daher dem defecten meistens.

Auffallend war besonders bei einem Patienten (Jean W.) die häufige Umsetzung der Endsilbe en in el; es ist diese ein Seitenstück zu der ebenso häufigen als interessanten Umsetzung der Silbe Un oder Nu in Ol oder Lo, welche ich im nächsten Capitel aus dem veränderten acustischen Character des defecten Ohres zu erklären versuchen werde.

c. Die Perception der Vocale.

Bei der Betrachtung der Perceptionen der ersten Gruppe zeigte ich, dass Umsetzungen der Vocallaute an und für sich nicht häufig vorkommen und wenn sie auftreten, so wurden nur solche Vocale untereinander verwechselt, welche sich in der Tonhöhescala nahe stehen. Auch bei den Perceptionen aller übrigen Gruppen lässt sich das Gleiche beobachten, nur mit dem Unterschiede, dass die Zahl der Verwechslungen mit der Zunahme des Defectes eine grössere wird.

Die Vocallaute, welche im Kehlkopfe erzeugt werden und bei welchen das Stimmbildungsinstrument in seiner ganzen Vollkommenheit und in allen seinen Theilen in Thätigkeit ist, haben natürlich auch die grösste Fülle von regelmässigen Schallwellen; sie vertreten meist ganze Accorde mit Vorklingen des durch die Resonanz der Mundhöhle verstärkten Grundtones. Die Partialtöne dieses Grundtones können nun Ober- oder Untertöne desselben sein; jedenfalls bieten sie aber auch dem defecten Ohre eine stets gut ansprechende, harmonische, reiche Klangmasse dar. Die Consonanten dagegen, welche nach Ausschaltung der Wirksamkeit des Kehlkopfes einem beträchtlich ungünstiger situirten Apparate ihre Entstehung verdanken, bringen natürlich auch dem defecten Ohre Schallwellen von viel geringerer Amplitude und in weniger harmonischer Zusammensetzung, theils den sogenannten einfachen Tönen sich nähernd, theils von vielen unharmonischen Obertönen begleitet, welche die Klangerscheinung zu trüben im Stande sind. Dazu kommt noch, dass die die Consonanten begleitenden Geräusche sehr abhängig von den in der Umgebung des Sprechenden zufällig entstehenden sind, welche verstärkend oder schwächend den Grundton beeinflussen, je nachdem die Wellenberge oder Thäler sich berühren. Wir kehren nach dieser Abschweifung zur Betrachtung der Perception der Vocale zurück. Tiefe Vocale wurden öfters verwechselt als hohe. Besonders auffällig erschien mir die Umsetzung des U in O, und zwar der Silben Un oder Nu in Ol oder Lo.

Wenn wir annehmen, dass die Tonhöhe des Grundtones U = f^0 ist, welches 11. 16 oder 176 Schwingungen in der Secunde macht, die des Grundtones O = b^I ist, welches 14. 32 = 448 Schwingungen in der Secunde macht, so scheint mir die Tonhöhe der Silben Un oder Nu zwischen dem U und O zu liegen; eine Verwechslung dieser beiden Laute in solcher Zusammensetzung ist daher leichter möglich als zweier

der Tonhöhe nach mehr fernstehender. Stand das U mit anderen Consonanten in Verbindung, so wurde eine Umsetzung in O nicht bemerkt. Die erwähnte Umsetzung des Un oder Nu in Ol oder Lo zeigte sich zwar bei allen Patienten, aber bei weitem am häufigsten bei denen der fünften Gruppe. Wir finden also das Bestreben den tieferen langsameren und mehr getragenen Laut in den höheren rascheren umzusetzen. Inwieweit nun die durch den Trommelfelldefect veränderte Abstimmung des Abschnittes „äusserer Gehörgang — Trommelfell," oder, wie bei der fünften Gruppe, die vermehrte Excursionsfähigkeit des Steigbügelköpfchens bei dieser Umsetzung betheiligt sind, lässt sich nicht mit Sicherheit nachweisen. Ein ähnliches Verhalten zeigte das Ohr bei der im vorigen Capitel erwähnten, fast constanten Umsetzung des tieferen Lautes en in den höheren el bei dem einen Patienten der fünften Gruppe.

Die erwähnten Verwechslungen zeigten sich vornehmlich für folgende Positionen:

Statt	Bunt	wird gehört:	1 Holland, 1 Komm, 1 Gold, 1 Wolk, 1 Wollte.
„	Lunte „	„	1 Sonne, 1 Grosse, 1 Flotte, 1 Glonte, 1 Lonte.
„	Buhle „	„	1 Rolle.
„	Sammlung	„	1 Sanno.
„	Dichtung	„	1 Nichtso.
„	Nutzen	„	1 Holze, 1 Joseph, 1 Schlosse, 1 Lotze.
„	Zunge	„	1 Sonne.
„	Hund „	„	1 Ott, 1 Rott.
„	Trunk „	„	1 Dom, 1 Tomb, 1 Voll, 1 Holl.
„	Züchtigung	„	1 Hilf nicht so, 1 Trink nicht so, 1 Sing nicht so.
„	Rund „	„	1 Gold, 1 Holz, 1 Volk.
„	Sendung	„	1 Sector.
„	Reinigung	„	1 Reinigo.
„	Zielpunct	„	1 Silbo.

Das gegentheilige Verhalten, dass der höhere Laut als tieferer aufgefasst wäre, wurde nicht beobachtet. Ebenso waren Verwechslungen zwischen anderen Vocalen gegenüber den zahlreichen Consonantenumsetzungen in ganz verschwindender Minorität, wie bei der ersten, so auch bei allen übrigen Gruppen.

Achter Abschnitt.

Resultat der Perceptionsversuche und deren Anwendung für die ohrenärztliche Praxis. Harthörigkeit und Schwerhörigkeit.

Hiermit komme ich zu dem schwierigsten Theile meiner Aufgabe; denn die Verwerthung des Resultates der angeführten Versuche zwecks acustisch-physiologischer Begründung der Thätigkeit des normalen menschlichen Ohres setzt die Kenntniss der physiologischen Thätigkeit des schallzuleitenden Apparates voraus. Unsere Kenntnisse hierin waren aber bisher in sehr vielen Zeitschriften zerstreut und est ist schwierig, die verschiedenen Ansichten der Forscher zusammenzufassen. Ich werde desshalb mich an dieser Stelle darauf beschränken müssen zu constatiren, welche Consonanten von den fünf Gruppen des defecten Ohres günstig und welche ungünstig aufgefasst werden, und erst, nachdem ich in der dritten Abtheilung dieses Werkes die bisherigen Ansichten der Forscher möglichst übersichtlich geordnet habe, dazu schreiten können, die Resultate meiner Versuche auf das Geschehen im normalen Ohre anzuwenden, ferner aber an dieser Stelle die acustischen Eigenschaften der Laute, welche dem Ohrenarzte bei Prüfung der Hörweite für die Sprache von Wichtigkeit sind, berücksichtigen.

Jedem Ohrenarzte wird schon bei Prüfung der Hörweite für die Sprache aufgefallen sein, dass in derselben Entfernung und in derselben Tonstärke gesprochene Worte im Ganzen oder in ihren einzelnen Silben von den Patienten ganz verschiedenartig aufgefasst werden und zwar nicht nur von solchen, welche sichtbare Defecte des Trommelfelles und der Gehörknöchelchenkette zeigten, sondern auch von anderen, für deren Leiden beliebige krankhafte Veränderungen in der Paukenhöhle bei der Diagnose zu Grunde gelegt werden mussten. Man hat sich nicht erklären können und vielleicht auch nicht näher geprüft, warum gerade diese Silbe gut, die andere doch in gleicher Tonstärke gesprochene schlecht percipirt wurde; der Grund, wesshalb man dieser Seite der Hörprüfung so wenig

Beachtung geschenkt hat, mag wohl darin liegen, dass bisher einerseits genügende Anhaltspuncte für die acustische Analyse der Consonanten fehlten, andererseits aber die differentielle Diagnostik der Erkrankungen des Paukenhöhlenapparates auch jetzt noch wenig entwickelt ist.

Gern würde ich auch die an sogenannter Sclerose des Paukenhöhlenapparates oder an Rigidität der Gehörknöchelchenkette leidenden Patienten für meine Perceptionsversuche herangezogen haben, wenn ich mir nicht hätte sagen müssen, dass für derartige detaillirte Versuche über solche Leiden jede anatomische Grundlage für jetzt fehlen würde. Denn wenn wir auch in die Lage kämen, die Gehörorgane dieser Leidenden nach dem Tode genau zu untersuchen, so entgehen uns doch in den meisten Fällen die pathologischen Veränderungen des Labyrinthes; wir würden also trotz etwa nachgewiesener Rigidität der Gehörknöchelchenkette immer noch in Zweifel sein müssen, wieviel Perceptionsanomalien auf Rechnung dieser Rigiditäten und wieviele etwa auf die secundärer Labyrintherkrankungen zu setzen wären. Die Gründe, wesshalb ich secundäre Labyrinthaffectionen von meinen Versuchspatienten mit sichtbarem Paukenhöhlendefecte mit grosser Wahrscheinlichkeit auszuschliessen mich für berechtigt gehalten habe, sind an einer früheren Stelle des Näheren erörtert worden.

Wenngleich ich nun darauf verzichten musste, detaillirte Untersuchungen über die Auffassung der Sprache mit solchen Patienten zu unternehmen, welche an Sclerose der Paukenhöhlenauskleidung litten, weil das Resultat zu Rückschlüssen für das physiologische Arbeiten des schallzuleitenden Apparates ungeeignet gewesen wäre, so erschien es mir doch nicht ganz uninteressant, im Grossen und Ganzen den Unterschied zu schildern, welcher zwischen „Sclerose und Defect" die Hörprüfung characterisirt.

Ich habe an einer früheren Stelle unsere Versuchspersonen der ersten und zweiten Gruppe als nicht gar schwere Leidende bezeichnet, weil bei ihnen der krankhafte Process ohne tiefere Veränderungen des Mittelohres und Labyrinthes abgelaufen, die Auskleidung der Paukenhöhle als relativ zur Norm zurückgekehrt zu betrachten war, und die Gehörknöchelchenkette ungehindert ausschwingen konnte. Die bei ihnen vorkommenden Hörstörungen characterisiren sich zumeist als Hörschwäche in Folge des Verlustes von einem Theile der schallverstärkenden Kraft des Trommelfelles. *) Consonanten von geringer

*) Den Beweis für diese Ansicht muss ich mir für die dritte Abtheilung dieses Werkes vorbehalten. Die bisher im grossen Publicum noch vorherrschende

Tonstärke werden daher von ihnen oft nicht gehört oder verwechselt; dagegen ist die allgemeine Hörweite für günstig liegende, im Zusammenhang gesprochene Sätze sowie für Stimmgabel und Uhr oft noch eine recht ansehnliche.

Bei unserer dritten, besonders aber bei der vierten Gruppe, trübt sich schon die Auffassung viel beträchtlicher, weil durch das zeitweise Ueberwiegen der einwärtsziehenden Kraft des Trommelfellspanners (M. tensor. tympan.) die Gehörknöchelchenkette abnorm straff gespannt wird und weniger frei ausschwingen kann. Dennoch ist die allgemeine Hörweite besonders nach Entlastung der Gehörknöchelchenkette durch das Politzer'sche Verfahren zeitweise noch so gut, dass günstig liegende Sätze in der Flüstersprache noch in einiger Entfernung aufgefasst werden, weil bei dieser Sprachform die Unterschiede in der Tonstärke zwischen Vocalen und Consonanten kleiner werden, andererseits kommen bei ihnen zahlreiche Consonantenzusammensetzungen besonders für im Einzelnen gesprochene Worte vor, wie unsere Versuchsreihe nachweist.

Ganz anders verhält sich die Auffassung bei den an Sclerose der Paukenhöhlenschleimhaut leidenden Patienten.

Verwechslungen einzelner Consonanten und Umsetzungen ganzer Silben bemerkt man zwar auch bei intactem Trommelfell und frei durchgängiger Tuba, aber constant finden sie sich nur bei solchen Patienten, bei welchen man auf ein schweres Leiden mit Sitz an der inneren Paukenhöhlenwand oder auf ein secundäres Ergriffensein des Labyrinthes schliessen muss; bei ihnen fallen einzelne Tonreihen constant aus oder werden nur mit äusserster Anstrengung noch aufgefasst. Die Verwechslungen, welche wir bei unseren Versuchspersonen der ersten, zweiten und dritten Gruppe mehr als inconstant, oft wechselnd, von dem rhythmischen Tonfall der Worte, von gerade in der Umgebung vorherrschenden Geräuschen abhängig sich entwickeln sahen, werden bei den an Sclerose leidenden mehr constant; und gerade diejenigen Consonanten, welche von unseren Patienten durchgängig leicht aufgefasst wurden, z. B. der S-Laut, bereiten jenen oft ganz erhebliche Schwierigkeiten. Aber abgesehen von solchen Einzelheiten erscheint das ganze Auffassungsbild der Sclerotiker als unendlich verschieden von dem, welches unsere Versuchspersonen, selbst die schwersten Leidenden der vierten und fünften Gruppe, darbieten.

Die Ausdrucksweise der Laien für diese Unterschiede ist oft ganz

---

Meinung, „dass man nichts mehr höre, wenn das Trommelfell ein Loch habe," wird natürlich durch jede meiner Versuchsreihen vollständig widerlegt, wenn es überhaupt einer speciellen Widerlegung bedurft hätte.

zutreffend. Die Sclerotiker hören „hart", wie man zu sagen pflegt, d. h. man muss sich ihnen sehr nähern und harten, stark erhöhten Tones zu ihnen sprechen, um sich einigermassen verständlich zu machen. Die eigene Sprache dieser Patienten nimmt dabei oft in Folge langjähriger Entbehrung der Klangfarbenunterschiede und des dumpfen Schalles der eigenen Laute den harten klanglosen Character an, aus welchem man schon bei deren Eintreten ins Sprechzimmer auf ein länger dauerndes verzweifeltes Leiden schliessen kann. Unsere vierte und fünfte Gruppe dagegen hört nur „schwer" oder „schwierig," d. h. sie hören Alles; es gelangen alle Laute ohne Hinderniss zur Verarbeitung in dem intacten Labyrinthe, aber sie sind nicht gehörig geordnet und coordinirt zugeleitet; die Patienten bemühen sich daher sichtlich die Laute zu fixiren und zu ordnen. Manche ihrem Defecte besonders günstige Laute, Geräusche oder Töne werden noch in sehr grosser Entfernung aufgefasst, selbst wenn sie keine bedeutende Tonstärke besitzen; so werden z. B. einzelne gleichmässige Töne, wie das Uhrticken oder die Stimmgabeltöne, manchmal noch in Entfernung von 1—2′ vom Ohre deutlich unterschieden; je lauter und härter man aber in der Nähe ihres Ohres spricht, desto schlechter hören sie, desto mehr deckt und verwirrt sich die unregulirt dem Labyrinthe zugeführte Schallmasse, während manchmal günstig liegende mit rhythmischem Tonfall ausgestattete Sätze selbst auf Entfernungen von 25′ flüsternd gesprochen noch gut von ihnen gehört werden. Diese Patienten unterscheiden ganz gut alle Tonstärkegrade. Die Sclerotiker dagegen differenziren leider oft nur noch zwischen „laut" und „sehr laut," und von all den Wundern der Tonwelt auf der grossen weiten Gotteserde ist ihnen nur ein kleiner Kreis in nächster Nähe geblieben — vielleicht verfolgt sie auch noch das drückende Bewusstsein, dass sich auch dieser Tonkreis von Jahr zu Jahr enger um sie ziehen wird!

Wenn ich bei scheinbar der Inspection und Luftdouche gegenüber sich normal darstellender Paukenhöhle eine beträchtliche Reduction der Hörweite für Stimmgabel, Sprache und Uhr und Verwechslungen der Sprachlaute vorfand und die langsame, allmählige Zunahme mit vorwiegenden überaus lästigen subjectiven Empfindungen, besonders Klingen, Singen, Sieden und Zischen constatiren konnte, die Luftdouche sich gänzlich unwirksam zeigte, dann habe ich immer rückhaltslos dem Patienten die ganze Schwere seines Leidens und die Machtlosigkeit unserer Therapie dagegen offenbart. Ich glaube dadurch meine Patienten vor manchem vergeblichen Versuche mit den in öffentlichen Blättern fast täglich angepriesenen Heilmethoden und vor bitterer Enttäuschung be-

wahrt zu haben, denn nichts wirkt auf den Seelenzustand des an sich schon misstrauischen Harthörigen ungünstiger ein, als der Verlust des Glaubens an die Menschheit.

Bezüglich der Diagnose secundärer Labyrinthleiden hielt ich mich in einigen Fällen, in welchen constante subjective Empfindungen bestimmter Tonreihen mit überwiegend beschränkter Perception oder Nichtperception einzelner Tongruppen der Scala sowie der entsprechenden Consonanten vorhanden waren, zu der Annahme berechtigt, dass diese Symptome auf Erkrankung resp. Reizung mit später zu erwartender oder schon vorhandener Lähmung einzelner Acusticusfasern beruhen.

Für die Prüfung der Hörweite Ohrenkranker überhaupt ergiebt sich aus dem im ersten Theile geschilderten Vergleiche der acustischen Eigenschaften der Sprachlaute, dass man nie versäumen soll in zweifelhaften Fällen, alle drei Sprecharten, nämlich „lauten, mittleren oder Conversationstones und flüsternd“ gesprochene Worte sowohl als ganze Sätze in Anwendung zu bringen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungsmethode im Zusammenhalt mit denen verschieden abgestimmter Gabeln*) (etwa einer auf C^0, einer solchen auf a^I und einer auf e^{IV}), sowie des Uhrtickens und des augenblicklichen Erfolges der Luftdouche, sowie ferner aller anamnestisch wichtigen Momente werden gewiss zur Bereicherung der differentiellen Diagnostik der Erkrankungen des Mittel- und inneren Ohres beitragen, die Therapie vereinfachen.

Bezüglich der subjectiven Empfindungen der Patienten scheint es wichtig, zu unterscheiden, ob einzelne musikalisch definirbare Töne früher belästigt haben und dann mit beträchtlicher Abnahme der Gehörkraft verschwunden sind, oder ob sie noch fortdauern; ob der Kranke nur ein Gefühl von Druck und dumpfem Brummen hat, welches von selbst oder in Folge der Luftdouche nachlässt, oder ob dieses Tag und Nacht anhält und ihm den Schlaf raubt. Das Gefühl von Druck und dumpfem Brummen bezieht sich wohl meist darauf, dass das Labyrinthwasser unter abnorm starkem Drucke steht, somit gleichzeitig und gleichmässig viele Acusticusfasern gereizt werden, welche durch undefinirbare, weil zahlreich und gleichzeitig auftretende, Klangsensationen

---

*) Vor einigen Tagen (Oct. 1870) sendete mir Herr Dr. A. Politzer seinen Aufsatz „Beiträge zu den Hörprüfungen mittelst der Stimmgabel“ (Separatabdruck aus der „Wiener medicinischen Presse“). Er empfiehlt in demselben für die Hörprüfung eine prismatische Stimmgabel, deren Tonhöhe durch an ihren Zinken angebrachte bewegliche Klemmen verändert werden kann. Dieselbe wäre danach auch für die Versuche, welche uns im vorliegenden Werke beschäftigen, sehr vortheilhaft zu verwenden. Der Verf.

reagiren. Man kann an sich selbst eine derartige Empfindung beobachten, wenn man durch Eindrücken des Fingers in beide Gehörgänge einen Druck auf das Trommelfell und durch dieses auf die Gehörknöchelchenkette und das Labyrinthfenster ausübt — mit der Entlastung hört auch momentan die Klangempfindung auf. Dagegen würden subjective Empfindungen einzelner Töne, welche die Patienten zuweilen mit Singen oder Klingen bezeichnen, auf isolirte Reizung einzelner Fasern im Labyrinth selbst zu beziehen sein; bei einigen musikalisch gebildeten Patienten konnte ich während längerer Beobachtung Verstärkung dieser subjectiven Empfindungen durch Anschlagen der betreffenden Töne auf dem Harmonium in reiner Stimmung, welches ich zu solchen Untersuchungen benutze, constatiren.

Ein junger sehr intelligenter Violinist consultirte mich wiederholt, weil er beim Anschlagen des d^{II} auf dem Klavier ein lebhaftes Mitklingen und Klirren dieses Tones in seinem linken Ohre empfand. An anderen Klavieren zeigte sich dies besonders beim fis^{II}, also der grossen Terz des d^{II}; beim Geigenspiel fiel es ihm weit weniger auf. Während des Valsalva'schen Versuchs (während dem alle Töne bedeutend schwächer empfunden werden), verschwand das Klirren, um nach wiederhergestelltem normalem Luftdrucke der Paukenhöhle wieder zu erscheinen. Die Hörweite des Patienten für die Uhr war zeitweise etwas reducirt. Weder durch das Politzer'sche Verfahren noch durch die Luftdouche wurde eine Besserung der subjectiven Erscheinung erzielt. Während der Beobachtungszeit von einem Jahre ist keine Veränderung der Hörweite für Sprache und Uhr und kein verändertes Aussehen des normal erscheinenden Trommelfelles bemerkt worden, dagegen erscheint das Nachklingen oder Klirren jedesmal wieder, so oft der betreffende Ton angeschlagen wird.

Meine Ansichten über die Erklärung der ebengeschilderten Tonempfindung stimmen vollständig mit der von Dr. Samelsohn in Cöln kürzlich veröffentlichten, eigenen Beobachtung überein.*) Leider verbietet der Raum und der Zweck dieser Arbeit mir eine detaillirtere Abhandlung dieser wichtigen und interessanten Thatsachen. Die merkwürdige Erscheinung, dass das Mitklingen bei Angabe des d^{II} auf dem Klaviere constant erfolgt, während es beim Geigenspiel nicht oder selten bemerkt wird, könnte wohl aus dem durch die Obertöne bedingten Klangfarbenunterschiede der beiden Instrumente erklärt werden. indem wahrscheinlich der Ton oder vielmehr der Klang d^{II} auf dem betreffenden Klaviere einen Partialton enthält, auf welchen gerade die eine im Reizzustande befindliche Acusticusfaser reagirt. während dieser Partialton wahrscheinlich dem d^{II} der Geige fehlte.

*) Vergl. die bezüglichen Abhandlungen in Virchow's Archiv: von Moos, Bd. XXXIX, 2. S. 289. Czerny, Bd. XXXXI, 2. S. 290. Samelsohn, Bd. XXXXV, 4. S. 509 ff.

Vergleichende Uebersicht der Perceptionsresultate in Procenten.

Bezeichnung der Gruppe.	I. Gruppe.	II. Gruppe.	III. Gruppe.	IV. Gruppe.	V. Gruppe.	Bemerkungen.
Schematische Darstellung der Grösse des Defectes.	Bild 3.	Bild 4.	Bild 5.	Bild 6.	Bild 7.	Vergl. die Abbildungen der angehängten Tafel und den Text p. 97—115.
Der B-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	14%	37%	64%	56%	115%	
Der R-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	14%	48%	60%	160%	83%	
Der K-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	17%	48%	77%	56%	161%	
Der T-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	17%	20%	78%	36%	116%	
Der F-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	66⅔%	27%	46%	32%	117%	
Der H-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	20%	58%	86%	67%	106%	
Der L-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	7½%	10%	37%	38%	60%	
Der M-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	8½%	44%	30%	40%	61%	
Der N-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	8½%	19%	34%	29%	100%	
Der W-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	20%	23%	171%	32%	179%	Die Versuche mit diesem Laute waren wenig zahlreich.
Der S-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	0%	5%	0%	4%	25%	*) Wegen weiter Entfernung des Wohnortes der Patientin konnten für den Sch-Laut keine ausreichenden Versuche nachgeholt werden.
Der Sch-Laut zeigt Nichtperception in Procenten.	0%	6%	2½%	*)	25%	

Ich kehre nach dieser kleinen Abschweifung zur Betrachtung des Gesammtresultates der Perceptionsversuche zurück. Der besseren Uebersicht wegen habe ich eine Tabelle mit Procentberechnung für die Nichtperception der Consonanten aufgestellt; dieselbe ist wohl nicht misszuverstehen, wenn ich hinzufüge, dass unter Nichtperception die veränderte und falsche Auffassung des betreffenden Consonanten sowohl, als der gänzliche Ausfall desselben für das Ohr des Patienten gemeint ist. Die Procentberechnung eignet sich besser für eine derartige Uebersicht, als das Verhältniss der Zahlen zwischen Perception oder richtiger Auffassung und zwischen Nichtperception oder falscher und fehlender Auffassung. Wenn es z. B. heisst: „der B-Laut hat bei der ersten Gruppe 14%, bei der fünften Gruppe 115% Nichtperception," so will das sagen, dass der B-Laut von der ersten Gruppe 100mal richtig und 14mal falsch, von der fünften Gruppe aber 100mal richtig und 115mal falsch oder gar nicht aufgefasst wurde.

Die Tabelle lehrt uns, dass die erste Gruppe den Sch-Laut am leichtesten, den F-Laut am schwierigsten auffasst; die zweite Gruppe hört am leichtesten die Laute S und Sch, am schwierigsten die Laute H, B, K, T und R; die dritte Gruppe am leichtesten S und Sch, schwierig H, B, K, T und R; die vierte Gruppe am leichtesten S, am schwierigsten H, B, K und R; die fünfte Gruppe endlich hört am leichtesten S und Sch, sehr schwierig H, B, K, T, F, W.

Wenn wir die beifolgende Tabelle im Zusammenhang mit den früheren Erörterungen über den acustischen Character der Versuchslaute prüfen, so finden wir, dass das defecte Ohr ausserordentlich empfindlich von den Unterschieden der Laute berührt wird, indem die stärkeren und mit reicherer Klangfarbe ausgestatteten Laute die schwächeren und einfacheren decken und übertönen. Aber es setzt sich dies Nichtperceptionsresultat auch noch aus einer grossen Anzahl förmlicher Umsetzungen und zwar besonders zwischen verwandten Lauten zusammen. Eine dem acustisch-physicalischen Character dieser Laute angepasste Erklärung habe ich bei den einzelnen Versuchen bereits angedeutet, eine dem acustisch-physiologischen Character des Defectes anzupassende werde ich in der dritten Abtheilung versuchen.

Ausserordentlich wichtig für die Thätigkeit des schallzuleitenden Apparates sind die vergleichenden Resultate der Auffassung des defecten Ohres mit Tonhöhe und Tonstärke der Versuchslaute. Die beiden tiefen selbsttönenden Consonanten B (oder P) und R zeigen gleichmässig grosse Schwierigkeiten der Auffassung und constante Zunahme dieser Schwierigkeiten von der ersten bis zur fünften Gruppe. Nur

das Resultat der vierten Gruppe ist für den R-Laut durch die unverhältnissmässig grosse Nichtperceptionszahl etwas getrübt.

Die Stufenleiter für die beiden Laute ist folgende:

Der B-Laut zeigt: 14%, 37%, 64%, 56%, 115%.

Der R-Laut zeigt: 14%, 48%, 60%, 160%, 83% Nichtperception.

Dass die tiefe Tonlage des Grundtones, vereint mit der relativen Tonschwäche bei diesen der Klangfarbe nach so ausserordentlich verschiedenen Lauten zur Erzielung des angegebenen, bei einzelnen Gruppen so sehr übereinstimmenden Perceptionsresultates eine grosse Rolle spielt, wird man leicht einsehen, um so mehr, wenn wir die beiden tiefsten Laute nun im Gegensatz zu den beiden höchsten S und Sch stellen:

Der S-Laut zeigt: 6%, 5%, 0%, 4%, 25%.

Der Sch-Laut zeigt: 0%, 6%, 2½% — 25% Nichtperception.

Dagegen characterisirt sich die Tonschwäche und die milde wenig kräftig das Ohr ansprechende Klangfarbe des F-Lautes trotz seiner relativ hohen Stellung in der Tonhöhescala durch unregelmässige Stufenleiter der Auffassung innerhalb der einzelnen Versuche sowohl als bei der Vergleichung des Gesammtresultates der Gruppen.

Der F-Laut zeigt: 66⅔%, 27%, 46%, 32%, 117% Nichtperception.

Grosse Uebereinstimmung herrscht dagegen bei der vergleichenden Auffassung von Seite des defecten Ohres für die tonborgenden Consonanten L, M, N.

Der L-Laut zeigt: 7½%, 10%, 37%, 38%, 60%.

Der M-Laut zeigt: 8½%, 44%, 30%, 40%, 61%.

Der N-Laut zeigt: 8½%, 19%, 34%, 29%, 100% Nichtperception.

Der W-Laut zeigt für die dritte Gruppe eine bedeutende Abweichung; ich habe schon früher erwähnt, dass mit diesem Laute nicht sehr zahlreiche Versuche angestellt werden konnten.

Zwischen der dritten und vierten Gruppe bestehen im Uebrigen, wie in Bezug auf die Grösse ihrer Trommelfelldefecte, so auch für die Schwierigkeiten der Perception, in den meisten Versuchen keine sehr wesentlichen Differenzen. Ich hätte beide Gruppen auch vereinigen können, doch zog ich der grösseren Genauigkeit und Uebersicht wegen vor, sie zu trennen.

Die schönste und reinste Stufenleiter der mit der Grösse des Defectes zunehmenden Schwierigkeiten zeigen die Versuche mit dem L-Laute: 7½%, 10%, 37%, 38%, 60%.

Den durch die Klangfarbe sich manifestirenden Aehnlichkeiten zwischen B-Laut und T-Laut trägt auch das defecte menschliche Ohr in bemerkenswerther Weise Rechnung.

Der B-Laut zeigt: 14%, 37%, 64%, 56%, 115%.

Der T-Laut zeigt: 17%, 20%, 78%, 36%, 116% Nichtperception. Hierbei kommen die eben erörterten Beziehungen zwischen der dritten und vierten Gruppe natürlich wieder in Betracht. Wenn wir die vierte Gruppe bei der vergleichenden Zusammenstellung für den R-Laut unberücksichtigt lassen, so tritt uns eine sehr schöne Stufenleiter der Nichtperception entgegen: 14%, 48%, 60%, 83%.

Aus der Summe der Perceptionsversuche können wir im Grossen und Ganzen für das defecte Ohr folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Perceptionsanomalien bei einfachem Trommelfelldefecte characterisiren sich, sofern die normale Lage der Gehörknöchelchenkette erhalten ist:

a) als Folgen der Tonschwäche, weil ein Theil der schallverstärkenden Kraft der Membran fehlt;

b) als Folgen der durch den Defect veränderten Abstimmung des als Resonator mit gekrümmter Membran aufzufassenden Abschnittes: „äusserer Gehörgang — Trommelfell."

2. Die Perceptionsanomalien bei complicirtem Defecte mit Verlust von Hammer und Ambos erscheinen desshalb so zahlreich, weil Mangel an Schallverstärkung, veränderte Abstimmung des Abschnittes „äusserer Gehörgang — Trommelfell" und vermehrte Excursionsfähigkeit des Steigbügels sich zur Hervorbringung dieser Anomalien verbinden.

Für die Auffassung der Laute der menschlichen Sprache ergeben sich aus den Versuchen folgende Gesetze für das defecte Ohr:

1. Die Schwierigkeiten der Consonantenauffassung stehen in geradem Verhältnisse zur Grösse des Defectes.

2. Die Vocale werden unverhältnissmässig viel leichter und reiner gehört als die Consonanten.

3. Je höher der Grundton eines Consonanten in der Scala liegt, desto leichter wird der Consonant aufgefasst

4. Diejenigen Consonanten, welche ihrer Klangfarbe nach den sogenannten einfachen Tönen nahe kommen, werden am schwierigsten, diejenigen, welche sich den aus einer Anzahl harmonischer Töne zusammengesetzten Klängen nähern, werden am leichtesten aufgefasst.

Beispiele bieten der B-Laut einerseits, der Sch-Laut andererseits.

5. Die Schwierigkeiten der Consonantenauffassung können theilweise durch rhythmischen Tonfall der Versuchsworte ausgeglichen werden.

Es erübrigt noch, die Worte zu bezeichnen und den Herren Specialcollegen zum Gebrauche für die Prüfung der Hörweite anzuempfehlen, welche von allen meinen Versuchspersonen mit den beschriebenen Defecten stets auffallend richtig aufgefasst wurden, sowie diejenigen, welche denselben stets grosse Schwierigkeiten bereitet haben. Dabei ist ausdrücklich zu bemerken, dass andere Störungen im schallzuleitenden Apparate als die bezeichneten Defecte fast constant auch andere und keineswegs ähnliche Perceptionsanomalien constatiren liessen; desshalb ist z. B. für die sogenannte Sclerose der Paukenhöhle das folgende Schema nicht zu gebrauchen.

Man kann mit ziemlicher Sicherheit auf tiefer gehende Störungen im schallzuleitenden Apparate, z. B. Verwachsungen oder Verkalkungen resp. auf secundäre Labyrinthaffectionen schliessen, wenn die Mehrzahl der hierunter als günstig bezeichneten Worte von Patienten, welche ein ähnliches Beleuchtungsbild wie die meinigen bei der Inspection zeigen, in einer Entfernung bis zu 12′ mittleren Tones gesprochen nicht mehr verstanden werden.

Von allen meinen Versuchspersonen wurden leicht gehört die Worte:

1. Nachtigall.	8. See.
2. Constantin.	9. Soldat.
3. Dankbarkeit.	10. Sechzehn.
4. Vaterland.	11. Nero.
5. Johannes.	12. Martha.
6. Joseph.	13. Gehorsam.
7. Jemand.	14. Geheimniss.

Allen meinen Patienten bereiteten folgende Worte die grössten Schwierigkeiten:

1. Bäulen.	9. Gras.
2. Bahlhorn.	10. Kraut.
3. Bunt.	11. Kuhfus.
4. Fuhrmann.	12. Grün.
5. Freund.	13. Hund.
6. Frau.	14. Hundefressen.
7. Farben.	15. Hausrock.
8. Kranz.	16. Hartkopf.

17. Halstuch.
18. Räuchern.
19. Rund.
20. Lampe.
21. Lügen.
22. Lunte.
23. Mütze.
24. Nutzen.
25. Schnarchen.
26. Staffel.
27. Sandbad.
28. Schwarm.
29. Siechthum.
30. Stolpern.
31. Traurig.
32. Drache.
33. Trompete.
34. Tief.
35. Türk.
36. Trunk.
37. Windrose.
38. Wanduhr.
39. Wärme.

DRITTE ABTHEILUNG.

PHYSIOLOGISCHER THEIL.

DAS

NORMALE MENSCHLICHE OHR

UND

SEINE EMPFINDUNGEN.

Erster Abschnitt.

Von den Functionen der Ohrmuschel, des äusseren Gehörganges und des Trommelfelles. Versuche mit gekrümmten Membranen, Stimmgabeln, dem Cello und der menschlichen Stimme über Schallverstärkung und Resonanz.

Wenn in dem eben abgehandelten Theile die Functionen eines pathologisch veränderten Organes von mir geprüft wurden, um daraus Rückschlüsse für das physiologische Arbeiten des schallzuleitenden Apparates zu entwickeln, so leitete mich dabei der Gedanke, dass das Geschehen im kranken Körper überhaupt nur eine Modification des normalen bildet und dass auch der kranke Körper den ewigen, unabänderlichen Gesetzen der Natur untergeordnet ist und ihnen folgt. Für den Fortschritt im Erkennen der verschiedenartigsten normalen Functionen unsres Körpers hat man öfters, weil ein directer physiologischer Nachweis nicht zu erbringen war, den Defect eines Organes als Grundlage der Reflexionen genommen. Diese können aber nur dann positiv genannt werden, wenn sie mit den Gesetzen der Physik, Chemie und Mechanik im Einklang stehen. Die herrlichen Errungenschaften der letzten Jahrzehnte auf dem Gebiete der Chemie, Physik und Mechanik sind uns ein Leitstern geworden für den mühevollen Weg dieser Forschung. Bisher stand uns eine Reihe von trefflichen physiologischen Abhandlungen, aber keine auf allen diesen Grundlagen zusammengefasste Physiologie des Ohres zu Gebote. Ich will mich im Folgenden bemühen, das Wichtigste aus den zerstreuten Abhandlungen zu ver-

einigen, um durch das, was ich auf experimentalem Wege dazu fand, andere, kundigere Forscher für die eingeschlagene Versuchsrichtung zu interessiren.

Die Ohrmuschel.

Wenn ich dieses Gebilde einer näheren Betrachtung unterziehe, so erscheint es als wesentlichste Aufgabe, die acustische Bedeutung desselben etwas eingehender zu präcisiren. Die Ohrmuschel des Menschen, das was der Laie gewöhnlich „Ohr“ nennt, ist im Wesentlichen ein Schallfänger. Für die günstige Aufnahme der Schallwellen ist es wichtig, dass dieselben möglichst senkrecht das Ohr treffen; zu diesem Zwecke sind die verschiedenen Windungen — Halbcanäle — des Helix trefflich angeordnet. Ein Beispiel für die concentrirende Wirkung solcher Halbcanäle bieten die sogenannten Flüstergallerien.

Nach Voltolini*) stellt sie als Reflector in ihrer Hauptform zwei concentrisch ineinander liegende Parabeln dar: Die äussere Parabel, die eigentliche Fossa conchae, wirft die Schallwellen gegen die innere Parabel, den Tragus, und dieser in den äusseren Gehörgang. Wie jeder andere feste und elastische Körper reflectirt sie aber nicht nur die Schallwellen, sondern sie condensirt sie auch. Zur Vermittlung des Ueberganges der Schallwellen an die festen Theile des Kopfes ist sie desshalb besonders geeignet, weil sie ein häutiges Gebilde darstellt. Wir wissen aus der Vergleichung mit dem Trommelfelle, dass dieser Uebergang der Schallwellen von der Luft an die festen Körper der Gehörknöchelchenkette durch eine ausgespannte Membran beträchtlich erleichtert wird; wäre die Ohrmuschel ein knöchernes statt ein häutig-knorpliges Gebilde, so würde dieser Uebergang viel schwieriger vermittelt werden. Zahlreiche Beobachtungen bei Ohrenkranken haben uns gelehrt, dass das Uhrticken, welches in der Entfernung einer Linie von der Ohrmuschel schon nicht mehr gehört wird, sofort sehr deutlich erscheint, wenn wir die Uhr selbst nur mit der äussersten Spitze des Helix in Verbindung setzen.

Bis hierher stimmen meine Beobachtungen mit denen Voltolini's überein; von der im Weiteren von ihm angenommenen unwillkürlichen Thätigkeit der Muskeln, welche die Muschel umgeben, dass sie nämlich auf dem Wege der Reflexaction zu Hörzwecken die Ohrmuschel je nach der Intensität der Schallwellen verschiedenartig anspannen sollen,

*) Die Krankheiten des äusseren Ohres von Dr. Voltolini. Monatsschrift für Ohrenheilkunde. Jahrg. II, 1.

habe ich mich jedoch nicht überzeugen können. Dass bei vielen Säugethieren eine derartige Reflexaction sich zeigt, und das Thier bisweilen selbst unwillkürlich vermöge seines ausgebildeten Muskelapparates das Ohr nach der Schallquelle hin richtet, erklärt sich aus dem einfachen mehr tütenförmigen Bau und der Anheftungsart des thierischen äusseren Ohres, während der günstigere Anheftungswinkel und die vielfach gewundene Beschaffenheit der menschlichen Ohrmuschel ausreicht, die Aufnahme der Schallwellen von mehreren Seiten zugleich zu bewirken.

Der Winkel, unter welchem die Muschel an den Kopf geheftet ist, scheint für das feine Gehör nicht unwichtig. Die Schallwellen fallen nach der oben angestellten Betrachtung möglichst senkrecht in den äusseren Gehörgang, wenn der Anheftungswinkel der Ohrmuschel 40 bis 45° beträgt. Bei einzelnen Schwerhörigen lässt sich eine deutliche Besserung der Hörweite nachweisen, wenn sie durch Andrücken eines Fingers hinter die Muschel diesen Winkel etwas günstiger machen.

In ähnlicher Art wirken wohl auch ein wenig die so marktschreierisch angepriesenen kleinen Otaphone, welche hinter die Muschel geschoben werden. Dass trotz Defect oder Missbildung der Ohrmuschel ein relativ gutes Gehör bestehen kann, darin stimmen die Untersuchungen der Autoren überein.

Der Abschnitt „äusserer Gehörgang — Trommelfell".

Der äussere Gehörgang stellt eine lufthaltige, mit festen und zum Theil elastischen Wandungen versehene Röhre dar, welche vorzüglich geeignet ist, den Schall fortzupflanzen, und in dieser Beziehung um vieles besser als ein selbst vortrefflicher, fester Schallleiter wirkt. Daher hat auch seine Verstopfung stets eine beträchtliche Verminderung des Gehörs zur Folge. (Valentin.)

Es ist bekannt, dass sich der Schall in eingeschlossenen Röhren ausserordentlich viel weiter als in der freien Luft fortpflanzt. So kann man sich z. B. vermittelst der in Fabriken gebräuchlichen Schallröhren noch auf beträchtliche Entfernungen flüsternd unterhalten. Aber die Fortleitung zum Trommelfelle ist nicht der einzige Zweck des äusseren Gehörganges, er ist zugleich als Resonator oder Schallbecher aufzufassen und hat eine engbegrenzte Abstimmung, welche nicht alle Töne gleichmässig begünstigt. Ein jeder Resonator oder Schallbecher verstärkt diejenigen Töne am meisten, welche seinem Eigentone nahe

kommen, sodann aber auch, wenngleich in geringerem Grade, dessen Partialtöne (harmonische Ober- oder Untertöne). Je grösser ein solcher Schallbecher ist, desto tiefer wird sein Eigenton, desto mächtiger die durch ihn abgeschlossene Luftmasse, desto kräftiger ihre Resonanz. Die Eigenschaft des Schallbechers wäre nun für das gleichmässige Auffassen vieler Töne sehr störend, wenn unser Gehörgang nicht so klein wäre. Der Eigenton desselben liegt nach Helmholtz*) zwischen dem e^{IV} und g^{IV}; man bemerkt zweifellos eine Verstärkung der objectiven Töne, wenn sich ihre Tonhöhe dem Eigentone des Gehörganges nähert. Empfindlichen Ohren erregen solche Töne wohl auch Schmerz, besonders wenn sie eine etwas scharfe Klangfarbe haben.

Nach unseren Untersuchungen mit künstlich nachgeahmtem Abschnitt „äusserer Gehörgang—Trommelfell" entspricht dessen Abstimmung ziemlich constant dem Tone 81 des grossen Obertöneapparates, welcher also zwischen e^{IV} und g^{IV} liegt. Ich werde im Folgenden noch öfters Gelegenheit haben, auf die Wirkungen dieser Abstimmung für das Auffassen der Sprache näher einzugehen, wenn ich die acustischen Eigenschaften des Trommelfelles geschildert haben werde.

Die eigenthümlichen Verhältnisse der Resonanz sind wohl der Grund, wesshalb die bisherigen Versuche zur Herstellung geeigneter Hörrohre für Schwerhörige grösstentheils gescheitert sind. Unser Gehörgang ist ein sehr kleiner Schallbecher, an dessen Resonanz wir vom Beginne des Hörens an gewöhnt sind, setzen wir dagegen ein Hörrohr an, so verändert sich plötzlich die Abstimmung des nunmehr verlängerten Gehörganges sehr beträchtlich; das Hörrohr bewirkt als grösserer Schallbecher eine viel bedeutendere Verstärkung seiner Partialtöne, so dass vielleicht gerade die Töne, welche bisher durch unseren Gehörgang verstärkt waren, jetzt verschwinden, während andere überlaut gehört werden; dass darunter das Verständniss der Sprache eher leidet als gefördert wird, ist wohl einleuchtend.**)

Betrachten wir jetzt hierzu die acustischen Eigenschaften des Trommelfelles.

---

*) Tonempfindungen, pag. 176.

**) Aus diesem Grunde rathe ich den Patienten, deren Hörweite so beträchtlich herabgesunken ist, dass man sich ihrem Ohre sehr nähern müsste, um sich mit ihnen zu verständigen, kein anderes als das schlauchförmige Hörrohr zu gebrauchen, weil dieses vorzugsweise als Schallbringer vom Munde des Sprechenden direct zum Ohre des Patienten wirkt, und weil es vermöge seiner Construction und seines Materiales keine erheblich ungleichmässige Verstärkung einzelner Tongruppen bemerken lässt.

Die Untersuchungen von Helmholtz haben uns gelehrt, dass gekrümmte Membranen, in Schwingungen versetzt, eine ganz überraschende Schallverstärkung hervorzubringen im Stande sind.

Eine practische Anwendung dieser schallverstärkenden Kraft sah Helmholtz zuerst bei der letzten Industrieausstellung in Paris im tunesischen Caffé; es diente dort nämlich ein gekrümmtes Stück Leder als Resonanzboden an einem arabischen Streichinstrumente. In seiner berühmten Abhandlung über „die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfelles“*) berechnet er die schallverstärkende Kraft gekrümmter Membranen und beschreibt einen Apparat, welchen er zur Prüfung der acustischen Wirkung gekrümmter Membranen construirt hat. Er sagt dort: „Man kann sich eine dem Trommelfell ähnlich geformte Membran bilden, wenn man ein nasses Stück Schweinsblase über die Oeffnung eines Glascylinders ausspannt, dann den Cylinder aufrecht stellt, so dass die Blase sich am oberen Ende befindet, und nun auf deren Mitte einen mit Metallstücken belasteten Stab senkrecht aufstellt, so dass seine untere Spitze die Mitte der feuchten Blase stark nach unten drängt. In dieser Stellung lässt man die Blase trocknen. Sie erhält dann dauernd eine ähnliche Form wie das Trommelfell mit eingezogenem Nabel und nach aussen convex gekrümmten Meridianlinien.“

Diesen mit der gekrümmten Membran überspannten Cylinder setzte er durch ein Holzstäbchen mit einer Saite in Verbindung, welche mit dem Violinbogen angestrichen ihre Schwingungen durch das Stäbchen auf die Membran fortpflanzt. Durch Abgreifen mit Daumen und Zeigefinger kann man der Saite beliebige Töne entlocken.

Den von Helmholtz benutzten Apparat habe ich aus Zweckmässigkeitsrücksichten für meine Versuche etwas verändert, so dass man Cylinder von verschiedener Grösse und Form (ovale und runde) mit der Saite in Verbindung setzen kann. Als Membran benutzte ich ein Stück von dem zarten Blinddarme einer Kuh, welches auf die oben angegebene Art, wie Fig. 7a (a. S. 189) zeigt, am Cylinder zubereitet wurde. Die Versuche werden zeigen, wie empfindlich gerade diese Membranart auf Klänge reagirt. Fig. 7 (a. f. S.) stellt den von mir zu den Versuchen benutzten Apparat dar.

Der Cylinder wird durch Holzschrauben, deren Enden mit Leder

---

*) Bonn, bei Max Cohen & Sohn, 1869; auch in Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, B. I, 1.

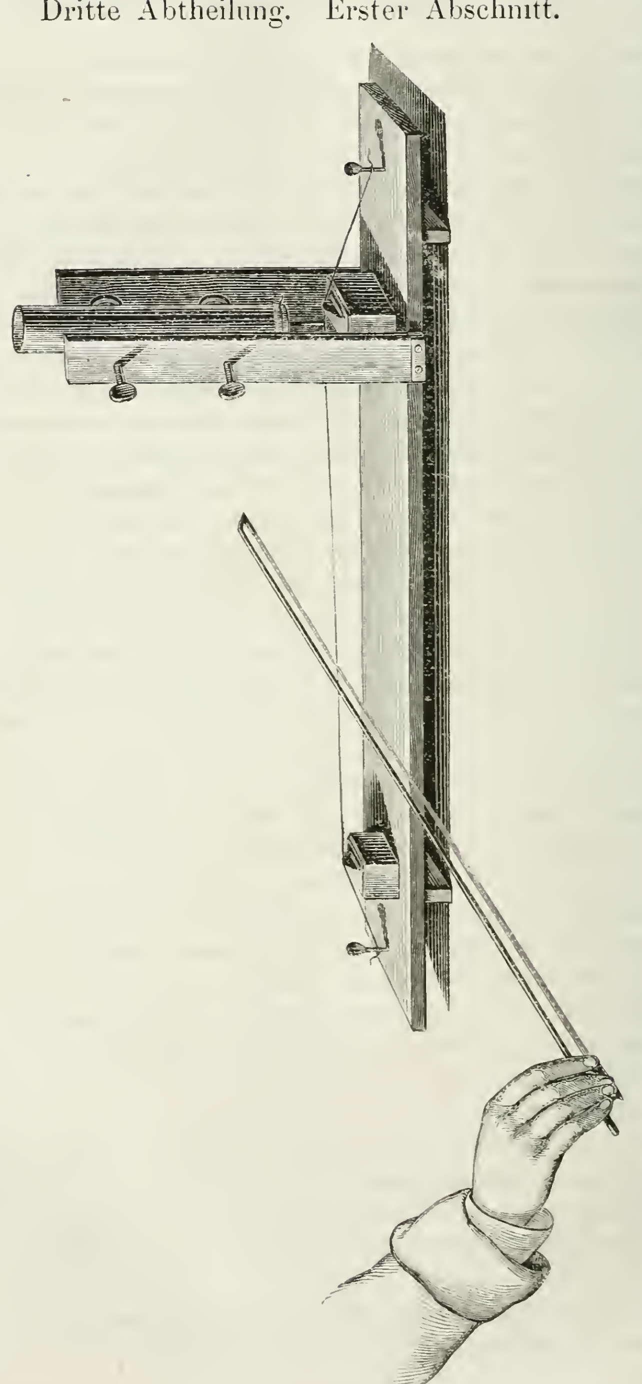
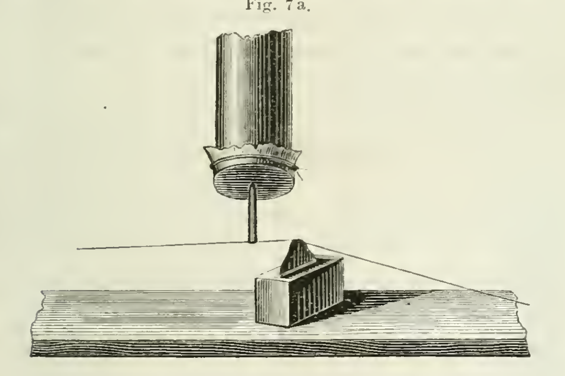


Fig. 7

überzogen sind, über der Saite festgestellt. Diese läuft über die Stege, welche gleichfalls durch ein Stückchen Leder von ihrer Unterlage, nämlich den Klötzen, derartig isolirt werden, dass die Ueberleitung der Saitenschwingungen an das Brett und durch dieses an die Luft sehr geschwächt wird. Auf diese Weise wird der Schall der Saite nur sehr gedämpft gehört, wenn man sie allein anstreicht. ohne den Cylinder in den Apparat einzusetzen. Ganz überraschend ist dagegen die Schallwirkung, wenn man durch das Stäbchen die Membran des Cylinders mit der Saite in Verbindung bringt. Helmholtz kam zu folgenden Resultaten: „Sobald die Schwingungen der Saite durch das Stäbchen auf die gekrümmte Membran übertragen werden können, giebt diese trotz ihrer Kleinheit eine mächtige Resonanz, fast der einer Violine ähnlich. Man kann die Saite leicht verkürzen, indem man sie zwischen zwei Fingerspitzen der linken Hand einklemmt, während man mit der

Fig. 7 a.



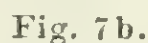


Fig. 7 b.



rechten den Bogen führt, und zwar ihn am besten nahe bei den Fingern der linken Hand aufsetzt. Es zeigt sich dann, dass die starke Resonanz sich über einen sehr grossen Theil der Scala erstreckt und namentlich für die hohen Töne in der Mitte der viergestrichenen Octave so mächtig wird, dass diese kaum zu ertragen sind.

Der Vorgang ist hierbei insofern dem am Trommelfelle ähnlich, als die gekrümmte Membran die Leitung der Schwingungen herstellt zwischen der Luft und einem festen Körper von mässigem Gewichte und relativ geringer Schwingungsamplitude, wie es einesfalls das Labyrinthwasser, andernfalls die Enden der Saite sind. Ist die Ueberleitung des Schalles aber leicht von der Saite zur Luft, so muss auch umgekehrt die Leitung des Schalles von der Luft zur Saite leicht von Statten gehen, nach einem für die Schallbewegungen in vollkommen elastischen

Körpern allgemeinen Reciprocitätsgesetze. Für Luftmassen mit festen Wänden ist dasselbe schon früher ausgesprochen und erwiesen. Man kann sich davon an dem beschriebenen Apparate auch leicht durch den Versuch überzeugen. Setzt man leichte Reiterchen von Papier oder dünne Holzfäserchen auf die Saite und singt deren Ton vor der Mündung der Röhre, so fangen die Papierschnitzelchen an zu tanzen, wie auf den mit einem ausgedehnten Resonanzboden versehenen Saiten der Violine und des Pianoforte. Ebenso bringt der Ton einer Stimmgabel, die auf einem Resonanzkasten steht und mit der man die Saite in Einklang gebracht hat, diese sehr leicht zum Mittönen und die Reiterchen zum Tanzen, selbst aus der Entfernung einiger Fusse.

Dabei hat aber auch die Stimmung der Glasröhre Einfluss, gerade wie es an dem mit einem Resonator bewaffneten Ohre der Fall ist. Giebt man der Saite eine solche Länge, dass ihr Grundton mit dem Eigentone der Röhre übereinstimmt, so kommt der Ton der Saite besonders voll und kräftig zum Vorschein."

Soweit Helmholtz.

Für meine vorliegende Arbeit stellte ich nun folgende Aufgaben zur Untersuchung:

I. Wie verhält sich eine gekrümmte Membran gegenüber der Einwirkung nicht nur der Töne der Saite, sondern auch gegen die tieferen Töne des Cello und gegen die menschliche Sprache?

II. Wie ändert sich die Abstimmung und die schallverstärkende Kraft des Versuchscylinders mit stärkerem Anspannen oder Erschlaffen seiner Membran?

III. In welcher Weise werden die Verhältnisse der Resonanz und die Abstimmung des Versuchscylinders verändert, wenn die Membran in geringerer oder grösserer Ausdehnung defect gemacht wird?

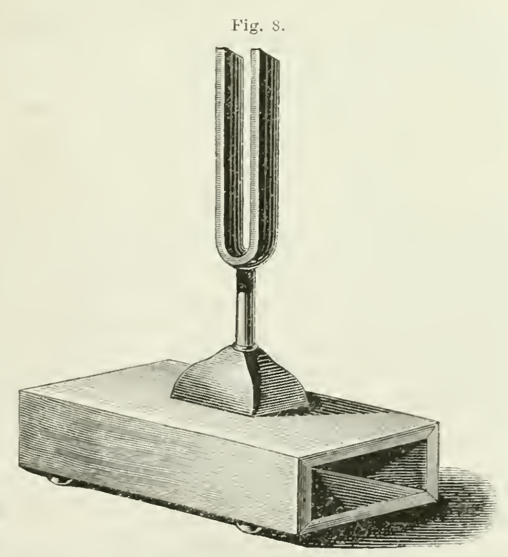
Man wird erkennen, dass der wesentlichste Zweck dieser Versuche darauf hinauslief, eine physicalische Grundlage für die Verhältnisse des menschlichen Ohres im normalen und defecten Zustande zu gewinnen. Ich suchte desshalb auch einen Cylinder nebst Membran in ein ähnliches Grössenverhältniss zu setzen, wie sich die Länge des äusseren Gehörganges zu den Durchmessern des Trommelfelles befindet.

Der äussere Gehörgang ist etwa dreimal so lang als der längste Durchmesser des Trommelfelles beträgt, der längste Durchmesser des Trommelfelles beträgt 9 Millim., die Länge des äusseren Gehörganges 25—26 Millim. beim Erwachsenen; sein Lumen nähert sich der ovalen Form.

Weil die Schwingungen unseres Trommelfelles in grosser Nähe

der Nervenausbreitung sich geltend machen und direct durch die Kette der Gehörknöchelchen auf das Labyrinthfenster übertragen werden, die Schwingungen des nachgebildeten Apparates aber erst durch Vermittlung der Luft an unser Ohr gelangen können, daher durch diesen Uebergang beträchtlich an Intensität verlieren, so mussten die Dimensionen des Versuchsapparates entsprechend grösser genommen werden, um diesen Verlust an Intensität durch grössere Kraft der Schallquelle auszugleichen. Desshalb nahm ich die Länge des einen grössten Versuchscylinders von Zinkblech = 25 Centim., den längsten Durchmesser des Lumens zu 10 Centim., den kürzeren zu 9 Centim., also etwa zehnmal so gross als die Verhältnisse des menschlichen Ohres; die Länge zweier anderer Versuchscylinder von Zinkblech war = 15,5 Centim., mit längstem Durchmesser zu 3 Centim., mit kürzestem Durchmesser zu 2,5 Centim., also mehr ovalem Lumen. Die beiden letzteren Cylinder mussten wegen der Benutzung der Stimmgabel a[1] in etwas veränderten Dimensionen genommen werden. Ein vierter etwas grösserer Cylinder von Glas mit kreisrundem Lumen, 4,5 Centim. Durchmesser und 23 Centim. Länge, wurde gleichfalls benutzt.

Fig. 8.



Die Abstimmung der beiden kleineren Cylinder konnte durch Aufsetzen eines an dem Cylinder verschiebbaren Ansatzstückes regulirt werden (vgl. Fig. 7 b S. 189). Dieses Ansatzstück hatte ausserdem einen zungenförmigen Einschnitt; durch stärkeres oder schwächeres Ausbiegen der Zunge wurde der Eigenton des mit Ansatzstück versehenen Cylinders höher oder tiefer. Man findet am besten den Eigenton des Cylinders, wenn man ihn am oberen, offenen Ende nach der Art wie die Flötenpfeifen leicht anbläst.

Die Regulirbarkeit der Abstimmung des Cylinders hielt ich desshalb für nöthig, weil ich zum Zwecke der möglichst objectiven Beurtheilung der Tonstärke des Apparates die Stimmgabeln benutzen wollte, welche auf Resonanzkästen befestigt sind. Die Fig. 8 zeigt eine der-

artige Stimmgabel, der dazu gehörige Resonanzkasten stellt ein längliches Rechteck von sehr altem Resonanzholz (von Haselfichte) dar, welches an der kürzeren Seite offen ist. Die durch den Kasten eingeschlossene Luftmasse giebt genau den Ton der Stimmgabel, welche so empfindlich ist, dass sie schon bei leiser Berührung in deutlich wahrnehmbare Schwingungen versetzt wird. Der offene Resonanzkasten dient bei den Versuchen gewissermassen als Schallverstärker und ist im Stande, durch die Schwingungen seiner eingeschlossenen Luftmasse die Gabel zu Mitschwingungen zu veranlassen. Je länger die Branchen der Gabel werden, desto tiefer wird ihre Stimmung, dem entsprechend wird für eine tiefere Gabel auch ein längerer Resonanzkasten nothwendig.

Versuche über Resonanz mit der Stimmgabel, menschlichen Stimme, dem Cello und mit gekrümmten Membranen.

Die nachstehenden Versuche, ursprünglich und im Wesentlichen unternommen zur näheren Feststellung der schallverstärkenden Eigenschaft gekrümmter Membranen, werden auch zur Lehre von der Resonanz im Allgemeinen einen kleinen Beitrag zu liefern geeignet sein, weil diese Lehre bisher noch nicht vollständig abgeschlossen war und noch manche Lücke darin auszufüllen bleibt.

Im Laufe des Jahres 1869 haben Appunn und ich zahlreiche Versuche und Controleversuche über Resonanz angestellt. Wir benutzten dazu sowohl den Obertöneapparat als ein grosses Harmonium neuester Construction, welches vier Register von je 64 Tönen enthält, grosse Zungenpfeifen, die verschiedenen Stimmgabeln auf Resonanzkästen, das Cello, die Viola, gekrümmte Membranen und endlich die menschliche Stimme. An dieser Stelle kann ich natürlich nur diejenigen Versuche hervorheben, welche zur Definition der Functionen des Abschnittes „Gehörgang — Trommelfell“ als Grundlage dienen.

I. Ueber Resonanz im Allgemeinen.

Wenn ich den unter Fig. 8 (a. S. 191) abgebildeten Stimmgabelapparat ($a^1 = 435$ Schwingungen in der Secunde) in die Nähe meines Ohres hielt, während Appunn in grösserer oder geringerer Entfernung sang, so zeigte sich, dass der Apparat ganz ausserordentlich empfindlich auf die menschliche Stimme durch Mittönen reagirte, aber auf die verschiedenen Töne der Stimme ganz ausserordentlich verschieden. Das

Mittönen des Apparates war nämlich nur dann wahrnehmbar, wenn ein Ton aus der harmonischen Reihe des a^1 hervorgebracht wurde. Für die Erzeugung der tieferen und höheren Töne der Reihe wurde dann das Cello benutzt.

Am stärksten tönte der Apparat mit, wenn Appunn genau das a^1 sang, nämlich in einer Entfernung von 40′ durch meine drei Zimmer bei offenen Thüren. Bei Angabe des d^0, also des dritten Untertones von a^1, tönte der Apparat noch in Entfernung von 30′ von der Tonquelle, beim vierten Untertone des a^1, dem sogenannten grossen A oder a^{-1}, welches ich sang, während Appunn beobachtete, tönte der Apparat noch auf 20′, während bei Angabe desselben Tones auf dem Cello erst bei 12′ Entfernung ein schwächeres Mittönen entstand. Der sechste Unterton von a^1, nämlich das d^{-1} auf dem Cello angegeben, erzeugte noch ein Mittönen auf 8′ Entfernung, endlich bei Angabe des a^{-2} oder des Contra-A $= \frac{435}{8} = 52\frac{1}{2}$ Schwingungen in der Secunde, welches auf dem künstlich herabgestimmten Cello erzeugt wurde, verschwand die Resonanz.

Dagegen blieb der Apparat ruhig, wenn man einen beliebigen anderen Ton, welcher nicht zur harmonischen Reihe des a^1 gehörte, sang oder auf dem Cello angab, oder das a^1 und einen seiner Untertöne nicht genau traf und nur einen halben Ton zu hoch oder zu tief angab.

Aus diesen Versuchen folgt:

1) Dass solche Resonanzräume, wie der dieser Stimmgabel, sehr empfindlich gegen die menschliche Stimme reagiren, und zwar stärker als gegen die Töne des Cello, weil die menschliche Stimme reicher an Obertönen ist als das Cello, also einen volleren Klang entwickelt.

2) Dass die Stärke der Resonanz eines solchen Hohlraumes in demselben Verhältnisse abnimmt, wie die Ordnungszahl der harmonischen Untertöne seines Eigentones, welche in seiner Umgebung objectiv erzeugt werden, wächst.

Bezüglich der mathematischen und physicalischen Erklärung dieser sowohl als unserer folgenden Beobachtungen über Resonanz verweise ich auf den dritten Abschnitt der ersten Abtheilung der Helmholtz'schen Lehre von den Tonempfindungen*), sowie auch auf das Capitel über Resonanz in J. Tyndall's Vorlesungen.**)

---

*) l. c. pag. 60 u. fg.

**) Vergl. John Tyndall, Der Schall. Autorisirte deutsche Ausgabe herausgegeben durch H. Helmholtz und G. Wiedemann (Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn), pag. 204 u. fg.

II. Ueber die Eigenschaften gekrümmter Membranen.

Erster Versuch.

Der mit der gekrümmten Membran überspannte Zinkblechcylinder von 16 Centim. Länge, mit 3 Centim. längstem, 2,5 Centim. kürzestem Durchmesser des also mehr ovalen Lumens wird in den S. 187 beschriebenen Apparat eingesetzt und mittelst des Ansatzstückes genau auf den Ton der Stimmgabel ($a^1 = 435$ Schwingungen in der Secunde) abgestimmt. Die Saite des Apparates erhält die Stimmung d^0, nämlich des dritten Untertones von a^1. Es wurde gerade das d^0 desshalb gewählt, weil die Saite nicht bis zum a^1 angespannt werden konnte; a^1 ist der dritte Theilton von d^0. Wenn man nämlich die auf d^0 abgestimmte Saite um ein Drittheil ihrer Länge verkürzt, d. h. den Zeigefinger leise an der Stelle auflegt, nach der Art wie die Violinspieler die Flageolettöne zu greifen pflegen, so giebt die Saite beim Anstreichen mit dem Bogen oder beim Anzupfen mit dem Finger das a^1 als dritten Theilton des d^0; sie schwingt nämlich jetzt nicht ihrer ganzen Länge von 66 Centim. nach, sondern in 3 aliquoten Theilen.

Die Schallverstärkung, welche die Membran bewirkte, wenn man das a^1 auf der Saite angab, war trotz ihrer Kleinheit so mächtig, dass der Stimmgabelapparat noch in einer Entfernung von 40′ deutlich zum Mittönen gebracht wurde.

Die nächst stärkste Resonanz erreichte der Versuchscylinder, wenn man das d^0 auf der Saite erklingen liess; die Gabel wurde nämlich hierdurch noch in einer Entfernung von 25′ zum Mittönen gebracht. Auch das a^0 der Saite gab noch eine sehr kräftige Resonanz in dem Versuchscylinder und brachte die Gabel auf 20′ zum Mittönen.

Es wurde jetzt das Stäbchen, welches die Membran mit der Saite verbindet, entfernt. Bei Angabe des a^1 auf der Saite entstand noch eine deutliche Resonanz im Versuchscylinder, so dass die Gabel in einer Entfernung von 4′ noch schwach zum Mittönen gebracht wurde. Beim d^0 tönte sie nicht mehr mit, obgleich der Versuchscylinder sein a^1 noch deutlich angab. Das Mitschwingen der Membran liess sich noch deutlich durch den leise an sie angelegten Finger constatiren.

Wenn der durch die Nähe des Versuchscylinders beträchtlich verstärkte Saitenton a^1 die Gabel nur noch schwach zum Mittönen brachte, so ist ersichtlich, dass nach der gänzlichen Entfernung des Cylinders aus dem Apparate der Saitenton allein nicht mehr im Stande war, ein Mittönen der Gabel hervorzurufen.

Nun wurde der Cylinder und Stäbchen wieder mit der Saite in Verbindung gesetzt, um das Verhalten der Membran gegen die übrigen Töne der Saite zu studieren.

Die stärkste Resonanz riefen a^1, d^0 und a^0 hervor, sodann in abnehmender Reihenfolge die übrigen auf der Saite darstellbaren Töne, jedoch so, dass die ausserhalb der harmonischen Reihe des a^1 liegenden Töne am schwächsten klangen.

Die Schwingungen der Membran waren relativ kräftiger, wenn man den Apparat frei schwebend in der Hand hielt, als wenn man ihn auf den Tisch setzte.

Zum Beweise dafür, dass es diese mächtigen Schwingungen der gekrümmten Membran sind, welche die in dem Versuchscylinder eingeschlossene Luftmasse in Resonanz setzen, wurden durch Auflegen zweier Finger an die Membran deren Schwingungen grösstentheils gehemmt — der Versuchscylinder gab jetzt keine deutliche Resonanz mehr. Sodann wurde ein anderer Cylinder ohne Membran in den Apparat eingesetzt, auch dieser gab keine deutliche Resonanz.

Zweiter Versuch.

Gegen die menschliche Stimme zeigte sich die kleine Membran des erwähnten Versuchscylinders gleichfalls ausserordentlich empfindlich. Wenn Appunn in Entfernung mehrerer Schritte den Eigenton a^1 rein sang, so konnte ich deutlich die Schwingungen der Membran fühlen, und es gab der Cylinder für das darüber gehaltene Ohr eine kräftige Resonanz, welche noch kurze Zeit anhielt, wenn der Ton des Singenden bereits ausgeklungen hatte. Um mich nicht zu täuschen, hielt ich das dem Singenden zugewendete Ohr verstopft. Wenn man das d^0 sang, entstand gleichfalls noch eine schwache Resonanz im Cylinder, welche desshalb um so leichter erkannt wurde, weil der Cylinder sein a^1 gab, während die Singstimme doch den Ton d^0 festgehalten hatte.

Als Beweis für die Empfindlichkeit der Membran überhaupt und für das Reciprocitätsgesetz der Resonanz mag das Versuchsresultat gelten, dass umgekehrt auch die Schwingungen der Membran sehr lebhaft und deutlich fühlbar sind, wenn die erwähnte Stimmgabel selbst in Entfernungen bis zu 12′ mit dem Bogen angestrichen wird.

Dritter Versuch.

Ein etwas grösserer Cylinder als der vorige, mit kreisrundem Lumen von 4,5 Centim. Durchmesser, 23 Centim. lang und von Glas wird in den Apparat eingesetzt. Die Membran ist etwas kräftiger als

die des Zinkcylinders, die nabelförmige Einziehung derselben etwas geringer. Der Eigenton des Versuchscylinders ist e^1. Die Saite wird auf e^0 gestimmt, weil sie nicht bis zum e^1 selbst angespannt werden kann.

Die Schallverstärkung durch den Versuchscylinder wird am mächtigsten, wenn auf der Saite e^1 angegeben wird (= 290 Schwingungen in der Secunde).

Die Klangfarbe des Tones ist eine entschieden angenehmere, mildere als die des Zinkcylinders.

Zur Prüfung der Resonanz für die in der Umgebung erzeugten tieferen Töne wurde jetzt das Cello benutzt. Der Versuchscylinder tönt am stärksten, wenn sein Eigenton e^1 auf dem Cello angegeben wird; beim zweiten Untertone e^0 wird die Resonanz schwächer, beim dritten, dem a^{-1}, und beim vierten, dem e^{-1}, gleichfalls; dagegen erscheint sie wieder auffallend kräftig beim fünften Untertone, C^{-1}, oder dem sogenannten leeren C das Cello, weil dieser Ton auf dem Cello ganz besonders stark angegeben werden kann.

Die Resonanz verschwindet bei dem sechsten Untertone, dem a^{-2} oder dem Contra A, zu dessen Erzeugung das Cello künstlich herabgestimmt werden muss.

Vierter Versuch.

Der Zweck dieses Versuches war, zu prüfen, welchen Einfluss stärkere Anspannung auf die Schwingungsverhältnisse gekrümmter Membranen ausübt.

Der ovale Versuchscylinder von Zinkblech wird wieder in den Apparat eingesetzt und auf a^1 abgestimmt.

Wenn man während der stärksten Resonanz bei Angabe des a^1 auf der Saite durch Eindrücken des Nabels mit einem zweiten Stäbchen die Membranen beträchtlich stärker anspannt, so werden ihre Schwingungen ganz erheblich weniger intensiv, die Resonanz des Cylinders geht etwa um die Hälfte der früheren Tonstärke zurück; dabei erhöht sich der Eigenton des Cylinders um einen halben Ton auf b^1. Man muss jetzt die Saite gleichfalls höher stimmen, um den Ton stärkster Resonanz hervorzurufen.

Bei Angabe des b^1 auf der Saite wird zwar die Resonanz im Cylinder wieder etwas kräftiger, doch ist der Schall leerer, dumpfer und erreicht lange nicht das grelle Klingen, welches die Membran bei mittlerer normaler Spannung bewirkt.

Es tritt also durch stärkstes Anspannen einer gekrümmten Mem-

bran eine Abdämpfung der Schälle, oder vielmehr eine Verminderung der schallverstärkenden Kraft derselben ein, welche zum Theil auch auf Rechnung der Erhöhung des Eigentones der Membran, daher Aenderung des Tones stärkster Resonanz zu setzen ist.

Der folgende Versuch mit dem grössten Versuchscylinder (längster Durchmesser des Lumens 10 Centim., kürzester 9 Centim.) wird noch weitere bestätigende Einzelheiten für diese Schlussfolgerungen beibringen.

Fünfter Versuch.

Der grösste Versuchscylinder von Zinkblech, welcher die Grössenverhältnisse des Abschnittes „Gehörgang—Trommelfell" in zehnfacher Vergrösserung repräsentirt, wird in den Apparat eingesetzt.

Weil er vorerst nicht durch das Stäbchen mit der Saite in Verbindung gesetzt wird, so ist die grosse zarte Membran nur schwach gespannt. Die Saite wird jetzt angestrichen und giebt den Ton $C^0 =$ 128 Schwingungen. Im Cylinder erscheint keine Resonanz; jetzt wird die Saite allmählich höher gestimmt; plötzlich hört man einen ganz tiefen Ton im Cylinder, welcher seine grösste Intensität erreicht, wenn die Saite auf g^0, nämlich die höhere Octave des Eigentones des Cylinders, stimmt. Der mitgehörte tiefe Ton war also g^{-1}. Dieselben Versuche wie mit den anderen Cylindern werden jetzt auch hier mit der Singstimme und mit dem Cello wiederholt. Es zeigt unser grosser Versuchscylinder eine stärkere Resonanz als die vorigen, welche auch, ohne dass jener mit der Saite des Apparates in Verbindung steht, kräftig ist. Diese ist gegenüber der Singstimme, und zwar auf den Ton g^{-1}, bei Weitem am intensivsten, weit besser als gegenüber dem Cello.

Man braucht diesen Ton nur ganz schwach über dem Cylinder zu singen, um ein ganz deutliches Mittönen hervorzurufen.

Aber nicht nur bei diesem Tone, sondern bei einer grossen Reihe seiner Obertöne geräth die Membran in starke Schwingungen, namentlich, wenn sie durch das Stäbchen mit der Saite in Verbindung gesetzt und zugleich etwas stärker gespannt wird. Dabei accommodirt sich die Membran, sei es den Theilschwingungen der Saite, sei es denen unserer Singstimme, der Ton des Resonanzraumes des Cylinders tritt bei den höheren Tönen mehr zurück, und der accommodirte Ton der Membran kommt besonders kräftig zum Vorschein.

Das Resultat der folgenden Versuche wird dies noch mehr erläutern.

Wir fanden im Vorigen, bevor das Stäbchen eingesetzt war, den Eigenton des Versuchscylinders $= g^{-1}$. Durch Einfügen des Stäb-

chens erhält die Membran erst ihre mittlere normale Spannung, der Eigenton des ganzen Cylinders ist damit auf $b^{-1} = 118$ Schwingungen in die Höhe gegangen, also um $2\frac{1}{2}$ Ton. Der Ton der Saite ist jetzt zufällig durch Einfügen des Stäbchens auch auf b^{-1} gekommen. Beim Anstreichen der Saite erscheint daher eine sehr starke Resonanz. Wir singen jetzt der Reihe nach den zweiten, dritten, vierten, fünften, sechsten*) Oberton von b^{-1} über dem Versuchscylinder, dieser antwortet uns jedesmal mit dem betreffenden Tone, welcher beim sechsten Obertone, dem $f^2 = 6 \times 118$ Schwingungen, so scharf mittönt, dass der ganze Apparat förmlich rasselt und erzittert. Legt man aber jetzt den Finger an die Membran oder an die Saite und bildet so ein Hinderniss für die Fortleitung der Schwingungen des Apparates, so erscheint die Kraft des ganzen Apparates wie gelähmt.

Wenn man durch ein zweites Stäbchen die Membran bis zur äussersten Grenze anspannt, so entsteht eine ähnliche Verminderung ihrer schallverstärkenden Kraft und eine Abdämpfung des Schalles, wie dies im vierten Versuche gezeigt worden ist.

Sechster Versuch.

Die Membran des grössten Versuchscylinders (desselben wie beim vorigen Versuche) wird jetzt defect gemacht, und zwar:

a. Kreisrunder Defect von 1 Centim. Durchmesser im vorderen unteren Quadranten. Vergl. Fig. 9. (Hälfte der natürlichen Grösse.)

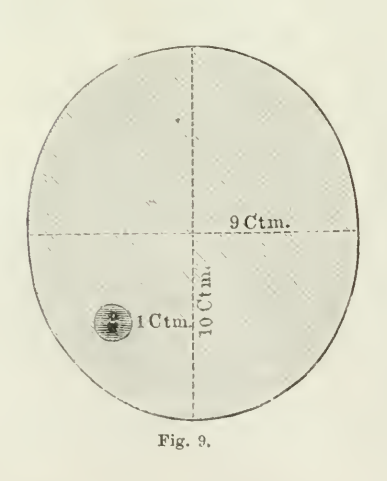


Fig. 9.

Darauf wird der Cylinder wieder in den Apparat eingesetzt, und durch das Stäbchen die Membran mit der Saite verbunden.

Der Grundton der Membran, welcher vorher b^{-1} war, ist durch den 1 Centim. im Durchmesser betragenden Defect um $\frac{1}{2}$ Ton erhöht worden auf h^{-1}. Beim Anstreichen des h^{-1} auf der Saite erscheint noch eine mächtige Resonanz im Versuchscylinder, aber die Klangfarbe des Tones ist jetzt eine ganz entschieden weichere, mildere geworden.

*) Die höheren Töne wurden von einer Frauenstimme gesungen.

b. Länglicher Defect der Membran in der vorderen Hälfte, 5 Centim. lang, $1\frac{1}{2}$ Centim. breit. Vergl. Fig. 10.

Der Grundton der Membran ist auf Cis^0 in die Höhe gegangen. Bei Angabe des Cis^0 auf der Saite entsteht noch eine sehr kräftige Resonanz.

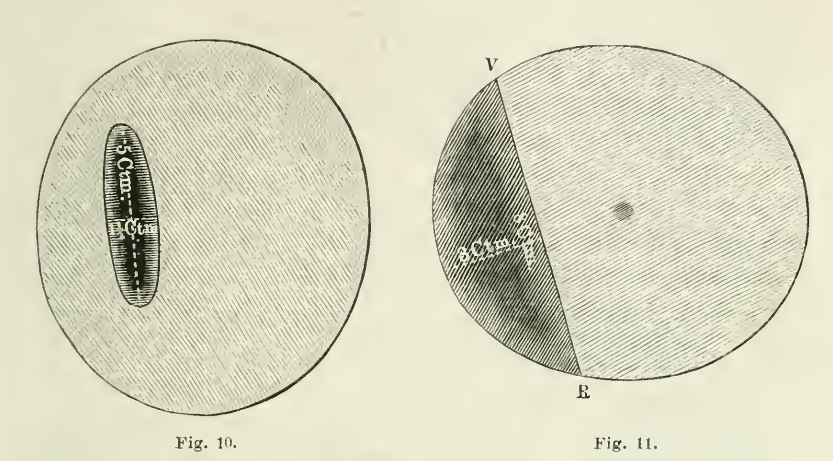


Fig. 10. Fig. 11.

c. Langer Defect der Membran in der vorderen Hälfte, 8 Centim. lang, 3 Centim. breit. Vergl. Fig. 11.

Der Grundton dieser defecten Membran giebt jetzt die Quinte des ursprünglichen Eigentones der in ihrer Continuität erhalten gewesenen Membran, nämlich statt b^{-1} nunmehr f^0.

Wir sangen, wie früher, zuerst den Eigenton, dann der Reihe nach die Obertöne des f^0 bis zum Cis^2. Bei allen Tönen zeigte die Membran ein deutliches und kräftiges Mitschwingen, welches beim Cis^2 so stark wurde, dass der vordere freie Rand der Membran (VR in Fig. 11) in seiner ganzen Linie in deutlich sichtbare zitternde Bewegungen gerieth.

Ich konnte den Defect der Membran jetzt nicht mehr vergrössern, weil sonst das Stäbchen im Centrum, welches sie mit der Saite verbindet, nicht mehr gehalten hätte.

Siebenter Versuch.

Die Membran des kleineren, a^1 stimmenden Versuchscylinders (desselben wie beim ersten und zweiten Versuch) wird jetzt defect gemacht, und zwar:

a. Ovaler Defect mit 4 Millim. längstem, 3 Millim. kürzestem Durchmesser. Vergl. Fig. 12 (natürliche Grösse).

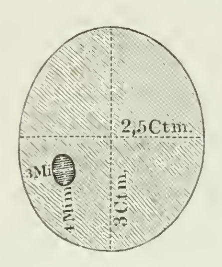


Fig. 12.

Der Cylinder wird darauf in den Apparat eingesetzt. Der Eigenton desselben ist jetzt auf Cis² in die Höhe gegangen. Die Saite wird auf fis⁰ abgestimmt, weil Cis² der dritte Theilton von fis⁰ ist.

Bei Angabe des fis⁰ auf der Saite, ebenso wie bei Angabe des Cis², erscheint noch eine deutliche Resonanz im Cylinder, doch ist dieselbe etwa nur halb so stark wie diejenige, welche die in ihrer Continuität erhaltene Membran gab. Entfernt man das Stäbchen von der Saite und Membran, so entsteht keine Resonanz mehr bei Angabe des Cis² auf der Saite.

b. Ovaler Defect der Membran mit 1,5 Centim. längstem, 1 Centim. kürzestem Durchmesser. Vergl. Fig. 13.

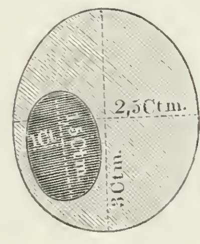


Fig. 13.

Der Eigenton des Versuchscylinders ist jetzt auf fis² in die Höhe gegangen. Die Saite stimmt auf fis⁰ des vierten Untertones von fis². Auch bei diesem Defecte schwingt die Membran noch deutlich mit und erzeugt im Cylinder eine mässige Resonanz.

c. Nierenförmiger Defect, beinahe die Hälfte der Membran einnehmend. Vergl. Fig. 14.

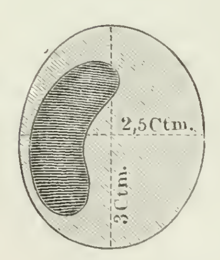


Fig. 14.

Der Eigenton des Cylinders ist jetzt schon ziemlich schwierig zu ermitteln, er stellt sich etwa auf a². Die Saite stimmt a⁰.

Man kann noch deutlich den Unterschied bemerken in der Stärke des Tones, ob man durch Anlegen des Fingers an den Membranrest diesen am Mitschwingen hindert oder ihn frei schwingen lässt; der Ton der angestrichenen Saite klingt in letzterem Falle weit kräftiger und voller.

III. Resultat der Membranversuche und dessen Anwendung auf die Thätigkeit des Abschnittes „Gehörgang — Trommelfell“.

Die im Vorigen erläuterten Versuche zeigen, dass gekrümmte Membranen ausserordentlich empfindlich gegen alle möglichen Schallarten reagiren und in Mitschwingung gesetzt werden. Sonach ist die Lehre von der Resonanz im Allgemeinen von fundamentaler Wichtigkeit für das Studium der physicalischen Gesetze, unter deren Einfluss unser Trommelfell functionirt.

Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass der Bau des Trommelfelles vermöge der verschiedenen Anordnung seiner elastischen Fasern und vermöge seiner eigenthümlichen Anspannung so eingerichtet ist, dass es noch weit empfindlicher und sicherer auf alle Schallarten reagirt, als unsere gekrümmten Membranen im Apparate, bei denen von entsprechender Einrichtung elastischer Fasern, natürlicher Spannung und Regulirung derselben abgesehen werden muss.

Dennoch können wir aus den Versuchen mit einem mechanischen Apparate, welcher dem gleichfalls mechanischen Apparate des Abschnittes „Gehörgang — Trommelfell“ nachgebildet ist, schliessen, dass dem Trommelfell ähnliche gekrümmte Membranen durch solche Schälle in die stärksten Mitschwingungen gesetzt werden, sie sogar wesentlich verstärkt weiter geben, welche der Tonhöhe des Eigentones der Membran entsprechen, dann aber vom zweiten und dritten Untertone desselben und endlich in abnehmender Reihenfolge von den übrigen Theiltönen des Eigentones zu lebhaften Mitschwingungen angeregt werden.

Die geringe Grösse der Trommelfellmembran und des äusseren Gehörganges ist diesem Gesetze sehr günstig. Die hohe Tonlage des Eigentones, welche etwa dem e^{IV} oder dem Tone No. 81 des grossen Obertöneapparates entspricht, bedingt, dass die meisten objectiv um den Menschen entstehenden Töne tiefer sind als der Eigenton des Abschnittes „Gehörgang — Trommelfell“.

Es gilt dies namentlich für alle Laute der menschlichen Sprache, auf welche gekrümmte Membranen bei weitem am empfindlichsten reagiren.

Was die Art dieser Reaction betrifft, so habe ich im zweiten und fünften Versuche nachgewiesen, dass sie auf Klänge, welche aus einer Reihe von harmonischen Tonverhältnissen zusammengesetzt sind, weit kräftiger ist, als auf sogenannte einfache Töne. Die Membran findet in dem aus mehreren Tönen bestehenden Tonverhältnisse natür-

lich leichter einen solchen, dessen Schwingungsform sie sich anpassen und dem entsprechend mitschwingen kann, als in dem einfachen Tone, dessen Schwingungsform nicht immer einer der möglichen Schwingungsformen der Membran entspricht.*) Dass wir dennoch alle Töne unterscheiden mit unserem Ohre, scheint theils in der grossen Vollkommenheit der Construction unseres Trommelfelles, theils aber auch in der grossen Empfindlichkeit des Gehörnervenapparates begründet.

Ich habe gezeigt, dass das sogenannte leere C des Cello ganz wesentlich desshalb so heftige Schwingungen der gekrümmten Membran hervorrief, weil es mehr harmonische und auch unharmonische Obertöne enthält, als die übrigen Töne dieses Instrumentes (es wird bekanntlich auf der mit Draht umsponnenen Saite hervorgebracht). Aehnlich verhält es sich mit den verschiedenen Lauten der menschlichen Sprache.

Die Vocale sind der Membran gegenüber wesentlich durch ihre harmonischen Obertöne begünstigt, dabei allerdings auch durch die Mächtigkeit ihrer Schallwellen überhaupt; anders ist es mit den Consonanten. Diese sind zum Theil arm an Obertönen und kommen den sogenannten einfachen Tönen nahe, wie die K- und T-Laute, ausserdem haben sie nicht so intensive Schallwellen, werden daher a priori schon die Membran nicht so kräftig ansprechen.

Hier scheint nun für das gleichmässige und getreue Auffassen der Consonanten der Eigenton des Abschnittes „Gehörgang — Trommelfell" sehr wichtig und von der Natur weise begünstigt.

Wenn wir den Ton No. 81 oder e^{IV} als Eigenton dieses Abschnittes gelten lassen, so würden die Tonhöhen

des S-Lautes = No. 63
des F-Lautes = No. 54 (resp. 27)
des T-Lautes = No. 45 (resp. 22½)
des K-Lautes = No. 36 (resp. 18)

mit dem Tone No. 81 eine arythmetische Reihe 36 : 45 : 54 : 63 : 81 bilden, in dieser Zusammenstellung dem Dominant-Nonen-Accorde in G-dur

$$d^3 : fis^3 : a^3 : c^4 : e^4$$

entsprechen, und alle aus dem Grundtone No. 9 herzuleiten sein.

Die Tonhöhe des Eigentones No. 81 oder e^{IV} selbst kommt nicht sehr häufig in unserer Umgebung zur Einwirkung auf das Ohr. Starke

*) Vergl. hierzu die betreffende Erläuterung bei **Helmholtz**, Tonempfindungen. 1863. Pag. 69 und 73.

Töne in dieser Tonlage wirken ganz ausserordentlich heftig auf unser Trommelfell. Bei dem Bremsen der Eisenbahnzüge entsteht zuweilen ein solcher Ton, welcher besonders dann unangenehm empfunden wird, wenn man sich in einem derartige Musik machenden Waggon selbst befindet, wobei der Ton direct durch die Theile des Wagens zu unserem Körper geleitet wird. Wenn man nun Tage lang in einem Eisenbahnwaggon fahren kann, ohne von den übrigen auch verhältnissmässig starken Tönen und Geräuschen sonderlich belästigt zu werden, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass gerade der sehr hohe pfeifende Ton einzelner Bremsen das Trommelfell in empfindliche Erzitterungen setzt, weil er der Tonhöhe des Eigentones vom Abschnitt „Gehörgang — Trommelfell“ entspricht und dabei einen sehr intensiven Tonstärkegrad hat.

Ueber einen anderen sehr tiefen Resonanzton des Ohres, welchen grosse Bergmaschinen hervorbringen, werde ich im folgenden Capitel einige Erläuterungen zu versuchen Gelegenheit haben.

Wenn wir die Membranversuche mit dem Resultate der Perceptionsversuche jetzt vergleichen, so wird uns manches am Ende der zweiten Abtheilung niedergelegte Perceptionsresultat des defecten Ohres weniger auffällig erscheinen.

Wenn die Abstimmung des Abschnittes „Gehörgang — Trommelfell“ einzelnen Consonanten besonders günstig ist, so wird die Auffassung dieser Laute natürlich wesentlich erschwert sein, wenn durch Defect des Trommelfelles der Eigenton verändert und höher wird. Hierunter werden die tieferen Consonanten weit mehr leiden als die höheren; denn wir haben in dem sechsten Versuche gesehen, dass der freie Rand der defecten Membran in sehr heftige, deutlich sichtbare Erzitterungen gerieth, wenn wir einen sehr hohen Ton Cis^2 sangen, dessen Tonhöhe viel höher lag als der Eigenton f^0 der defecten Membran. Dieser sowie andere Gründe, welche in dem folgenden Capitel noch näher erörtert werden sollen, bewirkten wohl, dass die tieferen Laute R und B vom defecten Ohre so unverhältnissmässig schwierig gegenüber den höchsten Lauten der Scala, dem S- und Sch-Laute, aufgefasst wurden.

Die Versuche über den Einfluss der veränderten Spannung auf die Resonanzverhältnisse gekrümmter Membranen bilden eine wichtige Grundlage für die Lehre von der Spannung des Trommelfelles, welche in dem Capitel „Ueber die Binnenmuskeln“ des Ohres eingehend besprochen werden wird.

Eine starke Verminderung der schallverstärkenden Kraft, sowie

ein Höherwerden des Eigentones der Membran durch stärkeres Anspannen haben unsere Versuche bestätigt, ebenso dass durch Defecte der Eigenton entsprechend erhöht wird.

Es folgt endlich aus unseren Versuchen:

1) Dass Defecte des Trommelfelles zwar dessen schallverstärkende Kraft reduciren und die Abstimmung seines Eigentones ändern, aber durchaus nicht das Mitschwingen der Membran auf Zuleitung von Schällen aufheben. Selbst kleine Membranreste, wenn sie angespannt werden können, schwingen noch stark mit, so lange nur die Fortleitung ihrer Schwingungen frei ist.

2) Die schallverstärkende Kraft der Membran wird am meisten reducirt, wenn Hindernisse die Fortleitung ihrer Schwingungen beeinflussen. Im Apparate that dies der auf die Membran oder auf die mit ihr in Verbindung stehende Saite aufgelegte Finger; im Ohre werden etwa ein an das Trommelfell gelagerter Körper oder abnorme Zustände des die Schwingungen des Trommelfelles aufnehmenden und übertragenden Apparates der Gehörknöchelchenkette, sei es Schwellung der Auskleidung der Paukenhöhle, sei es abnorme Fixirung der Kette, sei es endlich Ansammlung von Flüssigkeit um diese Gebilde, die schallverstärkende Kraft des Trommelfelles reduciren, seine Schwingungen behindern.

Zweiter Abschnitt.

Von den Functionen des Paukenhöhlenapparates.

---

1. Trommelfell und Gehörknöchelchenkette. Ovales und rundes Fenster.

Die Anwendung der bisherigen Versuche für die Erklärung der normalen Thätigkeiten unseres Ohres kann erst mit Nutzen geschehen, wenn wir den Paukenhöhlenapparat in seiner Gesammtwirkung betrachtet haben. Die Ansichten der Autoren über die Art und Weise der Schallzuleitung zum Labyrinthe waren bisher sehr getheilt *) und sind es noch jetzt. Die Einen nahmen an, dass die das Trommelfell treffenden Schallwellen nur zum kleineren Theile durch die Gehörknöchelchenkette nach dem ovalen Fenster, zum grösseren aber direct durch die Luft der Paukenhöhle auf eine der Fenstermembranen geleitet würden; andererseits waren die Physiologen bei der Annahme, dass die Fortpflanzung des Schalles durch die Kette der Gehörknöchelchen vorzugsweise geschehe, nicht darüber einig, ob hierbei nur eine gegenseitige Verschiebung der einzelnen Molecüle der Gehörknöchelchen gegen einander stattfinde, oder ob die einzelnen Theile der Kette: Hammer, Ambos und Steigbügel als ganze Massen in ausgedehnten Amplituden schwingen.

---

*) Vergl. Untersuchungen über die Schallleitung und Schallfortpflanzung von Dr. Adam Politzer. Archiv d. Ohrenheilkunde, I, 1, p. 61.

Diese Frage, welche noch immer nicht endgiltig geregelt ist, wurde durch eine Arbeit B. Riemann's der Entscheidung ganz wesentlich näher gerückt. Leider liegt uns die bezügliche Abhandlung nur in Bruchstücken vor, denn ihr Autor konnte sie nicht mehr vollenden. Für die Entwicklung der Physiologie des Ohres wird der Verlust dieses mit so herrlichen Geistesgaben ausgestatteten Forschers um so schwerer gefühlt, als ihn das herbe Schicksal gerade mitten im reichsten Schaffen von diesem Werke abrief. Mit mathematischer Präcision zieht Riemann seine Schlüsse, scharf und bestimmt grenzt er die Thätigkeiten der einzelnen Theile des schallzuleitenden Apparates ab. Wenn man auch aus der Skizze manches errathen muss, so fühlt man sich doch durch die wenigen Sätze der Abhandlung geistig erfrischt. Den directesten Weg für die Methode dieser Forschung zeigt er uns, wenn er sagt *):

„Die Theile des Ohres, die für unseren Zweck in Betracht kommen, sind die Paukenhöhle und das Labyrinth. Wir verfahren nun so, dass wir zunächst aus dem Bau dieser Theile zu schliessen suchen, was jeder derselben zu den Leistungen des Ohres beitragen möge."

Eine wichtige Grundlage zur Begründung meiner Versuchsresultate geben mir die folgenden Sätze aus Riemann's Arbeit:

I. „Der Apparat in der Paukenhöhle (im unverkümmerten Zustande) ist ein mechanischer Apparat von einer Empfindlichkeit, die Alles, was wir von Empfindlichkeit mechanischer Apparate kennen, meilenweit hinter sich lässt. In der That ist es durchaus nicht unwahrscheinlich, dass durch denselben Schallbewegungen treu mitgetheilt werden, die so klein sind, dass sie mit dem Microscope nicht wahrgenommen werden können.

II. Soll der Paukenapparat so kleine Bewegungen treu mittheilen, wie er es der Erfahrung nach thut, so müssen die festen Körper, aus denen er besteht, an den Stellen, wo sie auf einander wirken sollen, völlig genau auf einander schliessen; denn offenbar kann ein Körper einem anderen eine Bewegung nicht mittheilen, sobald er um mehr als die Weite der Bewegung von ihm absteht."

Die Kräfte, welche dieses Aufeinanderschliessen des Paukenapparates bewirken, werden wir an einer anderen Stelle zu betrachten

---

*) Die Mechanik des Ohres. Aus dem Nachlass von B. Riemann in Göttingen.

Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeufer. III. Reihe, XXIX. Band, Heft 2.

Gelegenheit haben und dort auch die übrigen Ansichten Riemann's dem Leser vorführen. Diese die Thätigkeit des Paukenhöhlenapparates mehr den Umrissen nach skizzirende Arbeit Riemann's wurde veröffentlicht, als Helmholtz bereits die meisten Resultate für eine Abhandlung gewonnen hatte, welche an mathematischer und anatomischer Genauigkeit alles Bisherige weit hinter sich lässt.*) Wenngleich ich das genaue und eingehende Studium dieser Arbeit als Grundlage aller weiteren Reflexionen über den Paukenapparat ansehe, so scheint es mir doch nützlich, wenigstens die Grundzüge derselben hier zu entwickeln; dabei weiss ich aber nicht, ob es mir ausreichend gelingen wird, diese so schwierigen Verhältnisse durch einen blossen Auszug allgemein verständlich darzustellen. Bezüglich der anatomischen Ausführung und der Mechanik der Gelenkverbindungen der Gehörknöchelchen muss ich das Studium dieser Arbeit im Originale ebenso, wie früher das der „Lehre von den Tonempfindungen" voraussetzen.

Im Eingang der Abhandlung constatirt Helmholtz, dass er über verschiedene Puncte durch diese Arbeit andere Resultate gewonnen habe, als sie sich B. Riemann gedacht zu haben scheint.

„Die Auflösung der Schwierigkeiten," sagt Helmholtz, „wie sie sich bei genauerer Untersuchung der Mechanik der Gelenke und der Befestigungen der Gehörknöchelchen ergiebt, ist freilich eine ganz andere, als der berühmte Mathematiker sie sich gedacht zu haben scheint. Auch muss ich in soweit gegen seine Formulirung der Aufgabe des Gehörorgans Widerspruch erheben, als ich es durch die bekannten Thatsachen keineswegs für erwiesen halte, dass der Paukenhöhlenapparat völlig treu „die Druckänderung der Luft in jedem Augenblicke in constantem Verhältniss vergrössert auf das Labyrinthwasser übertrage." Die Genauigkeit der Wahrnehmung erfordert nur, dass jeder Ton von constanter Höhe immer wieder, so oft er vorkommt, eine Empfindung von gleicher Art und Intensität auslöse. Dass Töne gewisser Höhe das Ohr unverhältnissmässig stark afficiren, ist schon bekannt. Andere neue Beispiele von Abweichungen werden wir im Folgenden kennen lernen."

Helmholtz versteht hierunter zunächst wohl die eigenthümliche Schallverstärkung, welche die dem Eigentone des Abschnittes „äusserer Gehörgang — Trommelfell" nahe kommenden Töne erleiden. Meine

---

*) Die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfelles von H. Helmholtz. Bonn bei Max Cohen, als Separatabdruck aus dem Archiv für die gegesammte Physiologie von Pflüger. B. I, 1.

im vorigen Abschnitte geschilderten Versuche zeigen, dass auch eine ganze Reihe von Partialtönen dieses Eigentones mehr oder weniger verstärkt werden, und ich werde gleichfalls noch eine Reihe von Tonempfindungen schildern, welche nicht so ganz den Ansichten Riemann's über die getreue Uebertragung der Druckänderung der Luft in constantem Verhältnisse conform sind.

Helmholtz geht in der citirten Abhandlung über die Art und Weise, wie sich die Schallwellen gegen das Ohr verhalten, von einer Betrachtung aus, welche auch Ed. Weber schon andeutete, dass die Gehörknöchelchen und das Felsenbein bei der Leitung der Schallschwingungen als feste incompressible Körper, das Labyrinthwasser als incompressible Flüssigkeit zu betrachten sei. Es handelt sich demnach in diesen Körpern und Flüssigkeiten nicht um Verdichtungs- und Verdünnungswellen, sondern darum, dass die Gehörknöchelchen als feste Hebel, das Labyrinthwasser als eine nur im Ganzen zu bewegende Flüssigkeitsmasse zu betrachten seien.

„Wenn wir nun berücksichtigen,“ fährt er dann fort, „dass in Luft die Wellenlängen der Töne unserer musikalischen Scala zwischen dem C_{-1} von 33, bis zum c_5 von 4224 Schwingungen, Werthe haben, die zwischen den Grenzen von einerseits 1000, andererseits 8 Centim. enthalten sind, dass im Wasser dieselben viermal grösser, in Messing etwa elfmal, in Kupfer zwölfmal, in Stahl und Glas mehr als fünfzehnmal grösser sind als in Luft, dass dagegen die Dimensionen der Gehörknöchelchen und des Gehörlabyrinthes meist nur kleine Bruchtheile eines Centimeters betragen, so ergiebt sich das wichtige Factum, dass die Dimensionen der elastischen, festen und flüssigen Massen, welche den Gehörapparat zusammensetzen, alle jedenfalls nur sehr kleine Bruchtheile der Wellenlängen derjenigen Töne sind, die gewöhnlich vorkommen und gegen welche unser Ohr gut empfindlich ist.

Es ist also nach dem voraus Gesagten weiter zu folgern, dass bei den durch die gewöhnlich hörbaren Töne hervorgerufenen Schwingungen des Gehörapparates, der Gehörknöchelchen und des Felsenbeines die Theilchen jeder einzelnen von diesen kleinen Massen gegen einander nur Verschiebungen erleiden, welche verschwindend klein sind im Vergleich mit der Amplitude der betreffenden Schallschwingungen, d. h. dass sie sich annähernd wie absolut feste Körper bewegen.

Der letzte Grund dieser Eigenthümlichkeit der Bewegung liegt in der sehr grossen Geschwindigkeit, womit sich die Einwirkung jeder Kraft oder jedes Anstosses auf eine dieser kleinen festen Massen durch sie hin verbreitet. Diese Geschwindigkeit ist so gross, dass die zur

Verbreitung des Anstosses nöthige Zeit im Vergleich zur Dauer der Schallschwingungen der Regel nach als verschwindend klein, und die Einwirkung daher als augenblicklich durch die ganze Masse verbreitet betrachtet werden kann.

Eine incompressible Flüssigkeit, von festen Wänden eingeschlossen, unterscheidet sich von einer compressiblen ebenfalls dadurch, dass jeder Anstoss, der einen Theil ihrer Oberfläche trifft, sich sogleich durch die ganze Flüssigkeit verbreitet und jeden Theil derselben augenblicklich in Bewegung setzt; während in einer compressiblen Flüssigkeit von dem Orte der Einwirkung eine Welle ausgeht, die mit einer gewissen Geschwindigkeit abläuft und nacheinander die verschiedenen Theile der Flüssigkeit in Bewegung setzt. Wenn also bei dem Labyrinthwasser die Dimensionen der ganzen Masse verschwindend klein gegen die Wellenlänge sind, und die Wände des Felsenbeines, die es einschliessen, so fest, dass sie den hier in Betracht kommenden geringen Druckkräften gegenüber als absolut fest betrachtet werden dürfen, so geschieht die Ausbreitung der Wirkung durch die ganze Masse so gut wie augenblicklich, und das Labyrinthwasser bewegt sich dann unter dem Einflusse der Schallschwingungen nicht merklich anders, als sich eine absolut incompressible und daher der Schallschwingungen unfähige Flüssigkeit unter denselben Verhältnissen bewegen würde."

Diese Sätze, welche im Wesentlichen die Ansichten von Helmholtz über die Ausbreitung des Schalles in der Labyrinthflüssigkeit definiren, bringen die uns beschäftigende Frage noch nicht zur endgültigen Entscheidung.

So lange noch nicht positiv und unwiderleglich festgestellt ist, in welcher Weise der Schall die Gehörknöchelchenkette durchläuft, so lange wird uns das Studium der Thätigkeiten des Labyrinthes noch vielfach erschwert erscheinen. Ich will desshalb auch zunächst von den Einwürfen, welche Hensen in Kiel *) gegen die eben citirten Sätze Helmholtz's erhoben hat, insoweit sie das Labyrinth betreffen, absehen und zunächst wenn möglich eine Uebereinstimmung über die Thätigkeit des schallzuleitenden Apparates aus den ziemlich zahlreichen Monographien zu erzielen suchen.

Ein Jeder, welcher sich mit dem Studium dieser Theile experimentell beschäftigt hat, wird mit mir darin übereinstimmen, dass diese Frage

---

*) Experimentelle Studien zur Physiologie des Gehörorgans von Dr. Schmiedekam, mit Zusätzen von Dr. Hensen. Arbeiten aus dem Kieler physiologischen Institut 1868. Herausgegeben von Dr. V. Hensen.

zu den schwierigsten der Physiologie überhaupt gehört, und dass trotz der eingehenden und vorzüglichen Arbeiten der letzten Jahre noch vielfache Untersuchungen nöthig sein werden, ehe sie der endgültigen Entscheidung nahe kommt.

Die beiden jetzt noch bestehenden Differenzpuncte concentriren sich auf die Frage:

Werden die Schallschwingungen durch die Kette der Gehörknöchelchen in der Art geleitet, dass Hammer, Ambos und Steigbügel nacheinander als Massen von ihnen in Bewegung gesetzt werden? (locomotorische Bewegung)

oder durchlaufen sie diese Kette, ohne dass sie sich mitbewegt? wie der Schall jeden beliebigen festen Körper, z. B. einen Stab durchlaufen kann, ohne dass dieser sich selbst als Masse mitbewegt (moleculare Bewegung*).

Es hat zuerst Politzer experimentell gefunden**), dass auf Zuleitung starker Schälle Hammer und Ambos den Schallwellen entsprechende Mitbewegungen ausführten, welche man graphisch darstellen kann. Er hielt dabei folgenden Gang der Untersuchung ein:

Nach Abtragung des Daches der Paukenhöhle von einem möglichst frischen, menschlichen Ohrpräparate befestigte er mit Harzkitt einen 4—5″ langen dünnen Glasfaden, an dessen oberem Ende die Faser einer Federfahne mit Gummi angeheftet war, auf der Höhe des Hammerkopfes. Den Gehörgang des Präparates setzte er mit dem schallverstärkenden Apparate, nämlich mit einem Resonator, durch ein

Fig. 15.

Kautschukrohr in directe Verbindung (ich lege besonderes Gewicht darauf, dass hierdurch sehr starke Schälle zugeleitet werden). Jetzt liess er 1) eine grosse Orgelpfeife, für deren Ton der Resonator abgestimmt war, ertönen. Der Fühlhebel des Hammers zeichnete auf

*) Die Bezeichnung „moleculare Bewegung“ rührt von Savart her, welcher damit sagen will, dass durch Luft, Wärme, Electricität und Schall Bewegungen in den Molecülen der Körper erzeugt werden können, welche sich von Molecül zu Molecül fortpflanzen.

**) Untersuchungen über Schallfortpflanzung und Schallleitung. Archiv d. Ohrenheilkunde, I, 1, pag. 61 ff.

der berussten Fläche des Phonautographen (von König in Paris) ganz deutliche, den Schwingungen des Orgelpfeifentones entsprechende, einfache Wellenlinien, wie sie Fig. 15 darstellt.

Ganz ähnliche Wellenlinien ergaben sich, wenn Politzer nach Trennung des Stapes-Ambosgelenkes den Fühlhebel am langen Fortsatze des Ambos befestigte und schreiben liess.

Für die Bewegungen des Steigbügels benutzte er die Columellplatte einer Ente, weil es bei dem menschlichen Gehörpräparate nicht gelang, den Fühlhebel genügend zu befestigen; er erhielt die unter Fig. 16 dargestellten Wellenlinien.

Fig. 16.

2) Versuche mit combinirten Tönen. Politzer liess gleichzeitig zwei Orgelpfeifen ertönen, von denen die eine $^1/_2$ Ton tiefer abgestimmt war als die andere. Die hierdurch entstehenden Interferenzen zeichnete der Fühlhebel gleichfalls, wie Fig. 17 zeigt.

Fig. 17.

3) Versuche mit 2 Orgelpfeifen, von denen die eine eine Octave höher stimmte als die andere. Hierzu mussten 2 Resonatoren, jeder mit der Abstimmung der betreffenden Pfeife, welche in einem Kautschukrohre zusammen mündeten, mit dem Gehörgange des Präparates verbunden werden. Der Fühlhebel zeichnete die recht interessante, unter Fig. 18 dargestellte Wellenlinie (doppelte Vergrösserung).

Fig. 18.

Die Erklärung für dieselbe ist einfach.

„Wir wissen," sagt Politzer, „dass die Octave zum Grundtone sich verhält wie 2 : 1. Wenn nun beide Töne gleichzeitig schwingen, so combinirt sich eine Wellenlänge des Grundtones mit zwei Wellenlängen der höheren Octave; der Wellenberg der ersten Wellenlänge der Octave

verschmilzt mit dem Wellenberge des Grundtones und vergrössert im Ansteigen die Amplitude; das Wellenthal der ersten Wellenlänge der Octave wird ein rascheres Absteigen des Grundton-Wellenberges erzielen — nun folgt das Wellenthal des Grundtones, mit dessen erster Hälfte sich der Wellenberg der zweiten Wellenlänge der Octave combinirt. Da die Bewegung der Theilchen während dieser Phase eine entgegengesetzte ist, so werden, je intensiver die Octave tönt, die Trommelfelltheilchen um so stärker in entgegengesetzter Richtung des Grundton-Wellenthales bewegt, und es wird so die kleine Curve in der grösseren erzeugt." Politzer schliesst aus diesen Versuchen, „dass bei den sogenannten periodischen Luftstössen am Trommelfelle und den Gehörknöchelchen deutlich sichtbare Schwingungen erfolgen und dass sich Töne von verschiedener Schwingungsdauer gleichzeitig durch die Gehörknöchelchen registriren lassen. Dass bei diesen Vorgängen eine ähnliche Bewegung auch in der Labyrinthflüssigkeit und mit dieser an der Endausbreitung des Acusticus erfolgen muss, lässt sich aus physicalischen Gründen nicht bezweifeln."

Lucae*), welcher Stimmgabeln als Tonquelle benutzte, erhielt ähnliche Wellenlinien bei seinen Versuchen.

Hierdurch war die Ansicht Eduard Webers**), welche auch Adolph Fick***) adoptirt hat: „Wenn die Paukenfellmitte hin und her geht, so muss in demselben Tempo die Fussplatte des Steigbügels tiefer ins ovale Fenster eingedrückt und herausgehoben werden," scheinbar bewiesen. Ich sage scheinbar, denn es ist dadurch nur bewiesen, dass gewisse sehr starke Töne, wenn sie direct auf das Trommelfell geleitet werden, Bewegungen des Steigbügels hervorbringen können. Die vor Kurzem erschienene Arbeit von Hensen und Schmiedekam, welche, als die Frucht jahrelanger und mühsamer experimenteller Studien, auf diesem Gebiete einen sehr wesentlichen Fortschritt bekundet, indem sie das pro und contra in's rechte Licht stellt, urtheilt zweifellos anders. Ich gebe deren wichtigste Resultate, soweit sie die uns eben beschäftigende Frage betreffen.

---

*) Untersuchungen über die sogenannte Knochenleitung von Dr. Lucae. Archiv d. Ohrenheilk., I, 4, pag. 309 ff.

**) Eduard Weber, Ueber den Organismus des menschlichen Gehörorgans. Berichte über die Verhandlungen d. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Leipzig 1851, pag. 29.

***) Adolph Fick, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane, pag. 158.

Als Tonquelle benutzten Hensen und Schmiedekam die Helmholtz'sche Doppelsirene*), an welcher sich die Anzahl der Schwingungen gut berechnen lässt. Diese wurde mit dem zu prüfenden Ohrpräparate durch einen Gummischlauch in luftdichte Verbindung gesetzt und so eine äusserst intensive Schallwirkung erzielt. Glassonden als Fühlhebel wurden an Hammer, Ambos und Steigbügel gleichzeitig befestigt. Das so erzielte Resultat lautet wörtlich:

„Wenn nun das mit Sonden armirte Präparat in der oben beschriebenen Weise mit dem Zuleitungsrohr der Sirene verbunden ist und die letztere durch das Gebläse in Bewegung gesetzt wird, so ergiebt die Beobachtung, dass die Glasfäden nur bei gewissen Tonhöhen ad maximum schwingen, während sie bei anderen Tönen fast oder ganz ruhig bleiben; und zwar zeigt sich weiter, wenn man an alle drei Gehörknöchelchen gleichzeitig Fäden (Glassonden) anbringt, dass der Hammer am stärksten, weniger stark der Ambos und sehr viel schwächer der Steigbügel schwingt."

Im Folgenden werde ich im Zusammenhalt mit meinen Versuchen mich bemühen, diese verschiedenen Ansichten in Uebereinstimmung zu bringen.

a. Aus den Versuchen mit gekrümmten Membranen (vgl. pag. 201) haben wir ersehen, dass dem Trommelfell ähnliche gekrümmte Membranen, wenn gewisse Töne in ihrer Nähe entstehen, in äusserst lebhafte Schwingungen gerathen, welche oft so stark sind, dass man sie mit dem Finger fühlen kann. Solche Töne sind vor Allem der Eigenton der Membran und dessen Partialtöne. Andere Töne machen einen viel geringeren Eindruck, wieder andere keinen überhaupt nachweisbaren auf die Membran. Der Hammergriff ist in einer Art in das Trommelfell eingefügt, dass er den Schwingungen der Membran unbedingt und in sehr ausgiebiger Weise folgen müsste, wenn er nicht durch seine Befestigungsbänder darin bis zu einem gewissen Grade behindert würde. Das System der Gehörknöchelchen ist so construirt, dass es gegenüber von starken und ausgiebigen Schallschwingungen als Regulator oder Hemmungswerk angesehen werden kann. Die Grenzen, in welchen es überhaupt schwingen oder sich mitbewegen kann, sind sehr eng bemessen.

Alle Messungsversuche von Helmholtz**) stimmen darin überein,

*) Die Lehre von den Tonempfindungen, pag. 24.

**) Mechanik d. Gehörknöchelchen, p. 40.

dass die Verschiebungen des Steigbügels und Hammers, solange dieselben fest ineinander greifen, sich auf Amplituden beschränken, welche kleiner als $^1/_{10}$ Millimeter sind.

Dazu leiden die meisten Versuche mit Präparaten des menschlichen Ohres an der grossen Ungenauigkeit, dass die Theile nach dem Tode viel leichter beweglich, schlackriger sind als im Leben. Die Wirkung des Trommelfellspanners ist im Leben fortwährend so kräftig, dass sie die Theile in straffster Spannung erhält und alle Bandverbindungen ausser dem Ligamentum mallei superius gleichzeitig anzieht. Diese Spannung der Bänder muss sich nach dem Tode sehr bald verlieren. Es werden daher schon an sich bei solchen Versuchen die Bewegungen der Knöchelchen viel ausgiebiger sein müssen als in ihrer physiologischen Thätigkeit.

Politzer fand, dass bei frisch getödteten Hunden die Bewegungen des Hammerkopfes und des daran befestigten Fühlhebels ganz erheblich geringer wurden, wenn man durch Reizung des blosgelegten Nerv. trigeminus den Trommelfellspanner in Contraction versetzte.

Hiernach und nach der ganzen Befestigungsart des Hammergriffes ist anzunehmen, dass bei gewissen sehr starken Tönen, wenn sie direct oder noch sogar mit Hilfe von Resonatoren auf das Trommelfell einwirken, gleichzeitige Bewegungen (Locomotionen) des Hammer-Ambos und auch des Steigbügels eintreten. Wenn nun aber der Steigbügel selbst bei erschlafftem Präparate, wie Hensen und Schmiedekam fanden, bei Zuleitung anderer Töne vollständig ruhig bleibt, d. h. keine Stempelbewegung ausführt, so sind wir wohl zu der Annahme berechtigt, uns auf der Mitte zu halten und zu sagen:

Es giebt gewisse Töne und Tonstärkegrade, welche Locomotionen der Gehörknöchelchenkette zu erzeugen im Stande sind; für andere Töne und Tonstärken müssen wir aber eine moleculare Bewegung innerhalb der Substanz der Gehörknöchelchen gelten lassen.

Für die Theorie von Molecularschwingungen der Körper sprechen die Versuche von Joh. Müller (dessen Physiologie 1840, S. 419), welcher zeigt, dass die ins Wasser dringenden Töne durch einen Holzstab oder eine Glasröhre sehr deutlich aus diesem an den verstopften Gehörgang geleitet werden. Hensen bemerkt hierzu (a. a. O.): „Es kann sich dabei doch nur um Molecularschwingungen des Stabes handeln, dieser muss also mit grosser Leichtigkeit durch die Schwingungen des Wassers stossweise comprimirt werden.“

Die Einrichtung, dass die Gehörknöchelchenkette nicht einen festen unnachgiebigen Stab darstellt, sondern dass sie aus mehreren aneinander gefügten Theilen besteht, und dass die Construction ihrer Gelenkverbindungen einerseits Bewegungen einzelner Knöchelchen, andererseits durch veränderliche Spannung straffe Adaption als Ganzes zulässt, ist für die Regulirung der Druckverhältnisse des inneren Ohres von fundamentaler Wichtigkeit. In den Capiteln über „die Binnenmuskeln" und über „die Schutzapparate des Ohres" werde ich die eben besprochene Einrichtung näher zu erläutern suchen.

Hier füge ich zunächst eine Tonempfindung meiner Beobachtung an, welche mir dafür zu sprechen scheint, dass die Gehörknöchelchen durch gewisse Töne in lebhaftes Mitschwingen versetzt werden. Es sind dies die periodischen Luftstösse, welche einzelne Eisenbahnlocomotiven dadurch erzeugen, dass der Dampf zur Erwärmung durch das Wasser des Tenders strömt. Es entsteht dadurch ein sehr tiefer brummender Ton *), welcher so intensiv wirkt, dass man das Gefühl hat, als ob der ganze Körper des in dem Wagen Sitzenden in Mitschwingung versetzt werde. Diese Mitschwingungen belästigen das Ohr ganz ausserordentlich und können selbst vorübergehende Schwerhörigkeit erzeugen, während die ebenso starken aber einer anderen Tonhöhe angehörigen Töne von einer anderen Locomotive ohne besondere Belästigung längere Zeit ertragen werden. **)

Die Beobachtungen von Hensen und Schmiedekam lassen erkennen dass es besonders sehr tiefe Töne sind, welche den Stapes in Mitschwingung versetzen. Die Grenzen von 45 bis 52 Schwingungen in der Secunde bezeichnen das Excursionsmaximum der Steigbügelsonde. Höhere Töne, selbst in bedeutender Tonstärke, bewirkten keine Bewegung der Steigbügelsonde mehr, wohl aber noch Schwingungen der Hammer- oder Ambossonde.

Während ich noch nach neuen Beweismitteln für die Theorie der locomotorischen und molecularen Schwingungen suchte, fiel mir ein Blatt der Wiener medicinischen Wochenschrift ***) in die Hand, in welchem

---

*) Es ist nicht unwahrscheinlich, dass gerade dieser Ton einer der Resonanztöne des Ohres ist und desshalb das Trommelfell in besonders starke Schwingungen versetzt; er schien mir dem C^{-2} von 33 Schwingungen zu entsprechen; nach Helmholtz und Wollaston ist dies ein Resonanzton des Ohres.

**) Die schweren Bergmaschinen der Schweizerbahnen erzeugen besonders diese belästigenden Tonstösse.

***) 1869. No. 57.

ein Vortrag des Privatdocenten Dr. Stern über Auscultation und Percussion mitgetheilt wird. Am Schlusse dieses Vortrages heisst es:

„Bei Thierblasen entsteht, so lange sie nicht gespannt sind, eine locomotorische Bewegung der Luft, wenn sie percutirt werden. Die Locomotion wird um so geringer, je grösser die Spannung; desshalb wird auch der der Locomotion entsprechende Schall um so kürzer und schwächer. Der in Röhren theils durch Luftströme, theils durch die hineingeleitete Stimme angeregte Schall geht ebenfalls sowohl aus locomotorischen als auch rein molecularen Bewegungen der Luft hervor; ersteren entspricht der der Stimme ähnliche, letzteren der einfache pfeifenähnliche (?) Ton. In Darmröhren ist der neugebildete Schall unter Wasser überwiegend aus intensiveren molecularen Bewegungen hervorgegangen, in der Luft aus locomotorischen und molecularen; in letzterem Fall ist der Schall um so schwächer, je grösser die zu bewegende Luftsäule. Die moleculären Schwingungen geben im Allgemeinen viel höheren, helleren Schall, die locomotorischen tieferen, dumpfen.

b. Es ergiebt sich aus der clinischen Beobachtung, dass die tiefsten Laute der menschlichen Sprache in steigender Proportion schlechter gehört werden, je grösser der Defect des Trommelfelles wird. Aus der in der zweiten Abtheilung dieses Werkes (vergl. pag. 174) mitgetheilten Tabelle der Perceptionsresultate ist ersichtlich, dass der tiefste und mit einzelnen Tonstössen einhergehende Laut der Sprache, nämlich der R-Laut, um so schwieriger aufgefasst wird, je grösser der Defect der Membran ist, ja bei einer Patientin fiel er fast vollständig aus, während der S-Laut, der höchste der Sprache, selbst von Patienten mit grossem Defecte auffallend gut (vergl. dritte Gruppe 0% Nichtperception) aufgefasst wurde. Hier liegt wohl die Vermuthung nahe, dass eine der Eigenschaften des schallzuleitenden Apparates darin besteht, Schälle mit grossen Schwingungsbögen entsprechend reducirt, aber concentrirt, auf das ovale Fenster zu übertragen und so gewissermaassen wie ein Storchschnabel zu wirken; während Schälle mit kleinen Schwingungsbögen, dieser die Wellenlänge reducirenden Kraft weniger benöthigt, die Kette durchlaufen, an sich im Stande sind, die kleine Membran des ovalen Fensters in geeignete Schwingungen zu versetzen und nur mehr oder weniger die schallverstärkende Kraft des Apparates in Anspruch nehmen.

Hierfür spricht auch die Beobachtung anderer Autoren, dass bei strafferer als der normalen Anspannung des Trommelfelles, also etwas behinderter Function, vornehmlich eine Abdämpfung der tieferen und

stärkeres Hervortreten der höheren Töne bemerkt wurde. Adolph Fick äussert sich (l. c.) hierüber: „Der acustische Erfolg einer Steigerung der Paukenfellspannung muss nach den Principien der Mechanik der sein, dass die Membran überhaupt weniger stark mitschwingt, besonders aber muss das Mitschwingen mit langsamen Schwingungen beeinträchtigt werden. Die Theorie fordert also, dass die Vermehrung der Paukenfellspannung die Empfindung aller Töne, insbesondere aber die der tiefen Töne vermindert."

c. Es ergiebt sich weiter auch aus dem physiologischen Experimente wie aus der clinischen Beobachtung, dass das wesentlichste Erforderniss für die getreue Ueberleitung der Schallwellen die genaue Adaption der Theile ist. Zur Erklärung der eigenthümlichen Perceptionsanomalien, wie sie das defecte Ohr darbietet, muss ich für diese zweite Eigenschaft des schallzuleitenden Apparates die Worte Riemann's an die Spitze stellen, welcher sagt:

„Damit der Apparat die kleinsten Druckänderungen der Luft in stets gleichem Verhältniss vergrössert*) dem Labyrinthwasser mittheilen könne, ist es vor Allem nöthig, dass der Druck des Steigbügels stets in völlig gleicher Weise auf das Labyrinthwasser wirke. Zu diesem Ende muss

1) der Druck der Basis stets ein und dieselbe Fläche treffen, und die Richtung der Bewegung unverändert sein.

2) Es dürfen keine Anheftungen an die Wand des Vorhoffensters stattfinden, wenigstens keine solchen, die irgend einen merklichen Einfluss auf seine Lage und Bewegung ausüben könnten.

3) Der Steigbügel darf nie aufhören, gegen die Membran des Vorhoffensters zu drücken. Wie man bei einiger Ueberlegung leicht finden wird, würden die Druckänderungen der Luft entweder gar nicht oder nach völlig veränderten Gesetzen auf das Labyrinthwasser wirken, sobald eine dieser Bedingungen verletzt würde."

---

*) Dass der Apparat nicht alle Druckänderungen der Luft in demselben Verhältniss vergrössert, sondern dass im Gegentheil die Töne beim Durchgang durch das Trommelfell verschiedenartige Aenderungen erleiden, je nachdem sie sich zum Eigenton des Trommelfells verhalten, hat Helmholtz (a. a. O.) bewiesen, und auch meine Versuche mit gekrümmten Membranen stimmen damit vollkommen überein. Riemann hätte nach Helmholtz den Vordersatz besser dahin amendirt: „Die Genauigkeit der Wahrnehmung erfordert nur, dass jeder Ton von constanter Höhe immer wieder, so oft er vorkommt, eine Empfindung von gleicher Art und Intensität auslöse." Hiervon bleibt aber der Schluss Riemann's bezüglich der Adaption der Theile unberührt und behält desshalb seine volle Geltung.

Diese letzten Sätze Riemann's entwickeln im Wesentlichen die Gründe für die von mir beobachteten Perceptionsstörungen. Die Druckänderungen der Luft werden entweder gar nicht oder nach völlig veränderten Gesetzen percipirt, wenn Trommelfell, Hammer und Ambos fehlen. Diese Veränderung der Gesetze zeigt sich folgendermaassen:

1) Die durch die Thätigkeit des Trommelfelles bedingte schallverstärkende Kraft wirkt nicht mehr. Daraus folgt eine Verminderung der Hörweite überhaupt. Dass hierunter die Sprachlaute mit geringer Tonstärke, also besonders die H-, B-, K-, T-, F-, R-, W-Laute, am meisten leiden müssen, ist schon früher erörtert.

2) Die Schallwellen werden nicht mehr von der grösseren Membran des Trommelfelles auf die kleinere des ovalen Fensters regelrecht übertragen, sondern fallen unvorbereitet, so wie sie entstanden sind, direct auf die Fenstermembran. Es folgt hieraus, dass die Schälle mit grossen Schwingungsbogen, welche der kleinen Membran ungeeigneter sind, also tiefe Töne, sehr schwierig aufgefasst werden.*)

3) Der Steigbügel drückt nicht mehr auf das ovale Fenster und ist nicht mehr in seinen Excursionen beschränkt.

Hieraus folgt, dass die Fähigkeit zum Lauschen verloren ist, denn der Steigbügel ist nicht mehr im Stande, den Druck auf das Labyrinthfenster zu verstärken (vergl. das folgende Capitel). Ferner aber ist kein Apparat mehr vorhanden, welcher die Bewegungen des einmal in Schwingungen versetzten Steigbügels beschränken könnte.

Diese Nachschwingungen werden daher oft den Eindruck der vorhergehenden Schallwellen verwischen und so das eigenthümliche Wackeln der Worte bedingen, welches ich bei den Patienten so oft beobachtete. Dieses Wackeln machte den Eindruck, als ob die Schallwellen nicht fest endigend regulirt und abgeschlossen zur Auffassung kämen, sondern wankend und mit Nachschwingungen, sei es nun, dass die Patienten die Worte als in der Mitte gedehnt reproducirten, oder neue nicht gesprochene Endsilben zusetzten. Beispiele hierfür geben folgende Positionen.

Statt Führer	wird gehört:	1 Schiraffelle, 1 Filommelle.
„ Grün	„ „	1 Scholli, 1 Sorum, 1 Frühling, 1 Roye, 1 Golipp, 1 Vorigen.
„ Liebe	„ „	1 Kinderspiel.
„ Lende	„ „	1 Wäschkübbel, 1 Lennche, 1 Männche.

*) Dasselbe Resultat ergaben die später mit den verschiedenen Tönen des grossen Harmoniums (vergl. S. 192) unternommenen Versuche. D. Verf.

Statt	Nachtmütze	wird	gehört:	1 Nachtumgehn, 1 Nacht will ich sehn, 1 Schnapsbuttell.
„	Nest	„	„	1 Helsten.
„	Nero	„	„	1 Hinnerum, 1 Gerum.
„	Husten	„	„	1 Bussel, 1 Bussebe.
„	Heimkehr	„	„	1 Heidelbeer.
„	Hartkopf	„	„	1 Kaffeeknopf, 1 Gartenknopf, 1 Wandkorb, 1 Kalbskopf.
„	Rauschen	„	„	1 Tauschel, 1 Hausschlüssel, 1 Mauschell.
„	Rauchen	„	„	1 Bauchwell.
„	Ranzen	„	„	1 Franzell.
„	Rechnen	„	„	1 Wäschbüttel, 1 Bettellen.
„	Satan	„	„	1 Salcalden.
„	Türk	„	„	1 Würken, 1 Wirde, 1 Kürzen, 1 Kerben
„	Taback	„	„	1 Matratzen.
„	Zurück	„	„	1 Barücken, 1 Strohdecken.
„	Viereck	„	„	1 Türsteher, 1 Irrgehen, 1 Irdöl.
„	Schalk	„	„	1 Schaden, 1 Schafe.
„	Drache	„	„	1 Wassertrinken.
„	Tisch	„	„	1 Tische, 1 Tüsschen, 1 Hügel.
„	Thal	„	„	1 Habel.
„	Tasse	„	„	1 Rassel, 1 Cassel.
„	Würme	„	„	1 Thürommen, 1 Bürommen, 1 Küromme.
„	Wätzen	„	„	1 Wälzen, 1 Bettellen.
„	Züchtigung	„	„	1 Süsselsupp, 1 Hilf nicht so, 1 Trink nicht so, 1 Zehnstück jo.
„	Dampfschiff	„	„	1 Lampenschildel.

Es erscheint nicht unwichtig, dass die Patienten den schwankenden L-Laut so oft, besonders gegen das Ende des Wortes, zu hören geglaubt haben und ihn reproducirten, ohne dass er von mir gesprochen worden wäre. Der Grund hierfür mag in dem steuerlosen, nicht regulirbaren Verhalten des freiliegenden Steigbügels gesucht werden, welches eine Unsicherheit der Auffassung bedingte, als ob ein solch unsicherer, schwankender Laut wirklich gesprochen wäre. Andererseits erklärt sich die Beobachtung, dass ziemlich constant der K-Laut am Ende des Wortes nicht scharf und präcis abgeschlossen, sondern so aufgefasst wurde, als ob ihm noch mehrere Laute folgten, aus der Annahme, dass Nachschwingungen des Steigbügels diese Auf-

fassung veranlassten. Bei der Auffassung des K-Lautes zeigt sich ferner die Complication von Mangel der schallverstärkenden Kraft der Membran und der durch Fehlen des Hammer und Ambos bedingten grösseren Excursionsfähigkeit des Steigbügels. Der stärkere K-Laut wird von den Patienten aller Gruppen sehr oft als der schwächere, weichere G-Laut aufgefasst.*) Am deutlichsten erscheint diese Abschwächung natürlich, wenn der K-Laut am Anfang oder in der Mitte eines Wortes steht. Wegen seiner armen Klangfarbe bedarf er ganz besonders der schallverstärkenden Kraft der Membran, um correct zur Perception zu gelangen; fehlt diese Kraft theilweise oder ganz, so wird er leicht so klingen, wie sein naher, aber schwächerer Verwandter, nämlich der G-Laut.

Für die Beurtheilung der Stapesexcursionen scheint endlich die Beobachtung, dass die Schwierigkeit der Auffassung und das Wackeln der Worte in dem Masse sich steigerte, als ich die Tonstärke meiner Stimme erhöhte, nicht uninteressant.

Stärkere Sprache in der Nähe des Ohres verursachte einzelnen Patienten der fünften Gruppe förmliches Schmerzgefühl; dagegen wurde die Auffassung erleichtert, wenn ich in einiger Entfernung und mehr mittleren Tones im Zusammenhang sprach und dabei einen etwas rhythmischen Tonfall hervorzubringen suchte.

Sollten sich diese Thatsachen nicht mit der Annahme erklären lassen, dass der regellos den Schallwellen preisgegebene Steigbügel durch stärkere Wellen zu ausgiebigeren Excursionen angeregt wurde, welche so beträchtliche Schwingungen im Labyrinthwasser zu Wege brachten, dass durch sie die etwa von der Substanz der Fussplatte vermittelten molecularen Bewegungen verdeckt und verändert wurden?

Es sind nach Allem, was wir aus den Perceptionsversuchen erkannt haben, weniger eigentliche Hindernisse in der Schallzuleitung, mit denen solch ein defectes Ohr zu kämpfen hat, als der Mangel der Concentration und des geregelten coordinirten Zuführens der Schallwellen.

Ganz diesen Ansichten entsprechend sind die Beobachtungen über die Wirkung des künstlichen Trommelfelles.

Man bemerkt nämlich bei einzelnen Patienten mit Zerstörung des Trommelfelles, aber nur bei solchen, bei denen man eine Lockerung

---

*) Ein ähnliches Verhalten zeigte sich bei der Auffassung des P und T; an Stelle dieser sogenannten harten Consonanten wurden sehr oft die entsprechenden schwächeren B und D gehört.

der Gehörknöchelchenkette — sei es, dass diese durch Vereiterung und Degeneration des Trommelfellspanners (Musc. tensor. tympan.) oder einzelner Bandverbindungen bedingt war — annehmen musste, neben der Hörschwäche auch eine ähnliche, aber weit geringere, unsichere und wankende Auffassung der Sprachlaute, wie bei unseren Patienten der fünften Gruppe. Wenn man solchen Patienten ein künstliches Trommelfell *) an die Reste des natürlichen oder an den Handgriff des Hammers andrückt, so hören sie sofort auffallend präciser.

Man sollte nun zunächst glauben, dass die Wirkung davon herrühre, weil die Kautchukplatte in entsprechende Theilschwingungen gerathe, diese auf die Gehörknöchelchenkette fortpflanze und so gewissermassen das natürliche Trommelfell ersetze. Diese Illusion schwindet aber sogleich, wenn man statt der Kautchukmembran einen beliebigen anderen Körper, z. B. ein Wattekügelchen **) andrückt und dieselbe Wirkung entstehen sieht. Ich habe sogar öfters bemerkt, dass nach dem Ausspritzen solch eines defecten Ohres einige zurückgebliebene und günstig gelagerte Wassertropfen eine ganz ähnliche, hörverbessernde Wirkung hatten. Diese wird lediglich wohl in der Art herbeigeführt, dass der an die Knöchelchen angedrückte Körper die gelockerten, vielleicht etwas von einander abstehenden Theile besser adaptirt, so dass die Schallwellen beim Durchgange durch die Kette keine Unterbrechung mehr erleiden, wohl auch bewirkt, dass der Stapes einen etwas stärkeren Druck auf das Labyrinthwasser ausübt, wie dies im normalen Ohre durch den Zug der Sehne des Trommelfellspanners erreicht wird. In dem nächsten Capitel, welches von den Binnenmuskeln des Ohres handelt, werde ich nachweisen, welche fundamentale Wichtigkeit, die durch die Gehörknöchelchenkette bewirkte Regulirung des intraauriculären Druckes dafür hat, dass die Nervenfasern auf den durch die Schallwellen gesetzten Reiz in normaler Weise reagiren.

d. Ehe ich die Betrachtung des Abschnittes „Trommelfell — Gehörknöchelchenkette“ schliesse, muss ich noch auf die Eingangs dieses Capitels erwähnte Ansicht der Autoren eingehen, welche die

Thätigkeit des runden Fensters

*) Das künstliche Trommelfell ist ein Kautchukplättchen, in dessen Mitte ein feiner Silberdraht eingenietet ist, mit welchem man es an die Reste des natürlichen Trommelfelles andrückt Es wurde 1848 von Yearsley in London zuerst empfohlen.

**) Dies Mittel gebrauchte Erhard in Berlin zur Verbesserung seiner Schwerhörigkeit und veröffentlichte es in seiner Dissertation: De audito quodam difficili nondum observato. Berlin 1849.

betrifft. Es haben nämlich einige Physiologen angenommen, dass nur ein Theil der Schallwellen vom Trommelfell durch die Kette der Gehörknöchelchen, ein anderer aber direct durch die Luft der Paukenhöhle der Membran des runden Fensters zugeleitet werde.

Wenn man sich einfach die anatomischen Verhältnisse ins Gedächtniss zurückruft und findet, dass das runde Fenster tief in einer Nische liegt, welche so stark gegen die Lichtung des Gehörganges geneigt ist, dass man bei der Untersuchung des defecten Ohres (z. B. unserer fünften Gruppe) nur ausnahmsweise die Nische, das runde Fenster selbst dagegen nie zu Gesicht bekommt, während die Richtung der Gehörknöchelchenkette gerade auf das ovale Fenster zuführt, so wird man sich sagen, dass das runde Fenster nicht zur Aufnahme der ankommenden Schallwellen, wohl aber als Gegenöffnung für das ovale Fenster sehr geeignet erscheint. Die Einfügung des Hammerstieles in das Trommelfell ist so günstig, dass dem Hammer alle Schwingungen der Membran unmittelbar mitgetheilt werden.

Schallwellen, welche ausserdem noch und mit Umgehung des Hammergriffes etwa durch die Membran fielen — wie dies z. B. bei den Defecten, welche den vorderen und unteren Quadranten der Membran betreffen, vorkommen kann — würden in directer Richtung das Promontorium, dagegen unter einem sehr ungünstigen Winkel das runde Fenster treffen, zum Theil würden sie erst von den Wänden der Paukenhöhle aus zur Fensternische reflectirt werden müssen. Wenn es sonach schon a priori nicht sehr wahrscheinlich ist, dass die Membran des runden Fensters zur Aufnahme der ankommenden Schallwellen und deren Beförderung zum Labyrinth bestimmt sei, so beweisen die Versuche von Joh. Müller, Hensen und Schmiedekam, dass auf die Zuleitung von Tönen in den äuseren Gehörgang keineswegs eine den Schwingungen dieser Töne entsprechende Bewegung der Membran des runden Fensters folgt, während gleichzeitig am ovalen Fenster deutliches und sehr lebhaftes Mitschwingen constatirt werden konnte.

Der Apparat, dessen sich Joh. Müller*) bediente und welcher unter der Bezeichnung „Müller'sche Flasche“ bekannt geworden ist, war ursprünglich folgender: Er nahm einen Glascylinder, welcher an dem einen Ende in einen engeren Hals auslief. In diese engere Oeffnung setzte er eine hölzerne Röhre, welche an einem Ende mit einer Membran überzogen war, luftdicht ein, so dass die nach aussen offene Röhre den äusseren Ge-

*) Johannes Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II, pag. 443.

hörgang, die das innere Ende schliessende Membran das Trommelfell darstellte. Die weitere Oeffnung des Glascylinders war durch einen Kork verschlossen, welcher zweimal durchbohrt war, um zwei kleinere kurze gleichfalls mit Membranen überzogene Holzröhren aufzunehmen. Diese Röhrchen mit ihren Membranen stellten die beiden Fenster des Labyrinthes dar, von denen das ovale dadurch gekennzeichnet war, dass ein hölzerner Stab von seiner Membran zur Mitte des künstlich dargestellten Trommelfelles verlief.

Wir sehen, dass bei der Construction dieses Apparates der Neigung der Fensternische nicht einmal Rechnung getragen war, und doch fand Joh. Müller, dass die Leitung durch die Membran des runden Fensters wenig stärker war, als durch die Korkplatte, während die Leitung der Schallwellen zum ovalen Fenster eine ausserordentlich starke war.

Hensen und Schmiedekam haben diese Versuche mit verbessertem Apparate (z. B. Hinzufügung einer der Eustachi'schen Röhre entsprechenden Oeffnung) wiederholt, gleichzeitig die Bewegungen des runden Fensters an Präparaten von Menschen- und Thierohren geprüft und gefunden*), dass das runde Fenster selbst auf Zuleitung von starken Tönen in den äusseren Gehörgang keine deren Schwingungen entsprechende Mitbewegung ausführt.

Wir schliessen aus diesen Versuchen, dass die normale Thätigkeit des runden Fensters sich nicht auf die Zuleitung der Schallwellen bezieht — wir wissen aus Sectionsergebnissen, dass seine Integrität von fundamentaler Wichtigkeit nicht nur für die Functionen des Labyrinthes, sondern auch für das Leben des Individuums ist. — —

Hier muss ich Halt machen, denn die Erforschung des Labyrinthes ist noch in den Anfängen; noch vielfache experimentelle Studien werden nöthig sein, bis es gelingt, die Wunder seiner Thätigkeit dem menschlichen Geiste zu erschliessen.

e. Wenn wir die vorliegenden Untersuchungen zusammenfassen, so finden wir zwischen Labyrinth und Aussenwelt ein System, einen mechanischen Apparat eingeschaltet, welcher vermöge der genauen Adaption seiner Theile im Stande ist, die feinsten Tonnuancen der Nervenausbreitung sicher mitzutheilen, aber in wohl vorbereiteter, regulirter Form; ein System, welches zu starke Schalleindrücke mildert, zu schwache verstärkt, überflüssige ausscheidet.

Auch abgesehen von den mitgetheilten Versuchsresultaten ist es nicht wahrscheinlich, dass die dem Steigbügel vorgeschriebene Stempelbewegung allein alle diese Töne ausdrücken kann.

*) l. c., pag. 88.

Nehmen wir an, es ertönte ein ganzes Orchester, dazu ein Chor von vielen Menschenstimmen — wie viele Interferenzen würden an den Schwingungen der Gehörknöchelchenkette entstehen, wenn alle diese Töne in einem Augenblicke die Kette in Locomotionen setzen würden. Ich kann mir die Zeiteinheit nicht denken, durch welche derartige Bewegungstheilchen oder Milliontel von Bewegungstheilchen definirbar wären! Welche gewaltige Abnutzung müssten die gegeneinander verschiebbaren Theile des Apparates erdulden, wenn die einzelnen Gelenkflächen fortwährend gegeneinander bewegt würden bei der unendlichen Masse von Tönen, welche in jedem Augenblicke unser Ohr treffen!

Wir fassen die acustische Thätigkeit des Abschnittes „Trommelfell und Gehörknöchelchenkette" dahin zusammen:

Wie die Linse dem Auge das Lichtbild giebt, die Strahlen vereinigt dem Perceptionscentrum zuführt, so giebt das System des Trommelfelles und der Gehörknöchelchenkette dem Ohre das Tonbild. Das Ohr nach Verlust dieser Theile gleicht dem Wrack eines Schiffes, welches steuerlos auf dem Meere treibt; die frühere Pracht und Sicherheit erkennt man noch an den Ruinen, aber hilflos, ohne selbstthätige, den Stürmen gebietende Kraft ist es ein Spiel der Wellen. — Der Mensch, welcher Trommelfell, Hammer und Ambos verloren hat, hört Alles, aber er versteht eine Menge von Worten nicht, es kommen alle Schallwellen zu seinem Ohre ohne Hinderniss, aber sie sind nicht geordnet, nicht zur Aufnahme vorbereitet.

2. Die Binnenmuskeln des Ohres.

Wir haben gesehen, dass die treffliche Leistungsfähigkeit des Paukenhöhlenapparates ganz wesentlich darauf beruht, dass die einzelnen Theile mit der grössten Präcision in einander greifen, wenn der Apparat in Thätigkeit ist. Dieses Aufeinanderschliessen wird durch Kräfte bewirkt, welche einander entgegen wirken, so dass bei richtiger Lage der Gehörknöchelchen sich diese das Gleichgewicht halten. Würden die Knöchelchen aus ihrer richtigen Lage abweichen, so würden die regulirenden Kräfte sich sofort bemühen, die Gleichgewichtslage wieder herzustellen.

Zwei Muskeln sind es, welche wesentlich ihre Kraft zur Adaption des Paukenhöhlenapparates verwenden, ein kräftigerer, nämlich der Musculus tensor tympani oder der Spanner des Trommelfelles, und ein schwächerer, welcher dafür in Verbindung mit Hilfskräften ist, der Musculus stapedius oder Entspanner des Trommelfelles.

Ich will in diesem Capitel nur die eine auf Adaption der Theile gerichtete Thätigkeit dieser Muskeln erörtern, weil ich ihre wichtige Aufgabe als Schutzapparate des Ohres später gesondert besprechen muss.

Wenn wir bei der Betrachtung der einfachen Thätigkeit dieser Muskeln stehen bleiben und alle die früheren zumeist auf Analogieschlüssen beruhenden Ansichten anderer Autoren unberücksichtigt lassen, so halten wir uns zunächst an die Ansichten von Toynbee, v. Tröltsch, Politzer, Lucae, Riemann und Helmholtz, welche darin übereinstimmen, und zum Theil experimentell bewiesen haben, dass der Musculus tensor tympani durch Einwärtsziehen des Trommelfelles und mit ihm der Gehörknöchelchenkette alle Gelenkverbindungen straffer spannt, den Steigbügel mehr in das Vorhoffenster drückt und endlich so das Labyrinthwasser unter stärkeren Druck setzt, während der Musculus stapedius, sein Antagonist, unterstüzt durch die natürliche Elasticität des Trommelfelles und einiger fibröser Bänder, in entgegengesetzter Richtung die Lage der Theile zu reguliren sucht. *)

Wir können annehmen, dass während der Thätigkeit des Paukenhöhlenapparates eine Gleichgewichtslage der Theile in der Art besteht, dass die Wirkung des Musculus tensor tympani gerade stark genug ist:

1) eine genaue Adaption der bezüglichen Gelenkverbindungen zu bewirken, so dass alle Töne, auch die mit den kleinsten Schwingungsbögen, die Kette durchlaufen können;

2) durch Vermittlung der Steigbügelplatte das Labyrinthwasser unter einen entsprechenden Druck zu setzen, wie er nöthig ist, damit diese Flüssigkeit die Nervenausbreitung in der erforderlichen Erregung erhält.

In welcher Weise der Trommelfellspanner diesen doppelten Zweck erreicht, schildert uns Helmholtz in seiner trefflichen Darstellung „Mechanik der Gehörknöchelchenkette und des Trommelfelles" **) wie folgt:

„Der Trommelfellspanner zieht den Handgriff des Hammers und mit

---

*) Toynbee wies dies als der Erste experimentell nach: On the functions of the muscles of the tympanum in the human ear. British and foreign Medico-Chirurgical Review 1853. Bd. XI, 239.

Ausserdem fand er eine Stütze für seine Ansicht in dem Factum, dass der Muscul. tensor. tympani seine Nerven vom Ganglion oticum Arnoldi, der Muscul. stapedius dagegen die seinigen vom Nerv. facial. zugetheilt erhält.

**) l. c., pag. 24 und 32.

ihm das Trommelfell nach innen und spannt daher letzteres. Man kann diese Wirkung leicht an einem Präparate sehen, wo der Canal des Muskels und der Paukenhöhle von oben her geöffnet sind. Fasst man die sehnigen Stränge des Muskels noch innerhalb des Canales und zieht sie an, so wird das Trommelfell gespannt. Da der Ansatz des Muskels nur wenig tiefer als das Axenband des Hammers liegt, so wird auch dieses dabei medianwärts gespannt, namentlich der hintere Theil desselben, das Ligamentum Mallei posticum, welches sich der Zugrichtung des Tensor tympani am meisten nähert. Es wird die Stellung des Hammers eine sehr straffe, sowie die Sehne auch nur mässig gespannt ist. Man muss hierbei bedenken, dass ein schwacher Zug, der quer auf einen unausdehnsamen gespannten Strang ausgeübt wird, dessen Spannung erheblich zu steigern im Stande ist, und dass die lebenden Muskeln auch im Ruhezustande als freilich sehr nachgiebige, aber doch immer angespannte elastische Bänder zu betrachten sind, welche Spannung durch active Contraction dann noch sehr beträchtlich gesteigert werden kann. Da übrigens der Trommelfellspanner wegen seines gefiederten Baues mechanisch äquivalent ist einem Muskel von viel grösserem Querschnitt und geringerer Faserlänge, so werden wir auch ohne dass eine active Zusammenziehung desselben eintritt, seinen elastischen Zug als eine ziemlich erhebliche Kraft veranschlagen dürfen."

Weiter heisst es dann:

„Endlich wird der lange Fortsatz des Ambos gezwungen, die (durch den Zug des Tensor tympani) bewirkte Einwärtsdrehung des Hammerstieles mitzumachen, und dieser drückt nun, wie wir weiter sehen werden, auf den Steigbügel und drängt diesen in das ovale Fenster ein gegen das Labyrinthwasser.

In dieser Beziehung ist die Construction des Ohres sehr merkwürdig; durch den Zug der einen elastischen Fasermasse des Trommelfellspanners, dessen Spannung überdies veränderlich ist und den Bedürfnissen angepasst werden kann, werden alle unelastischen sehnigen Befestigungsbänder der Gehörknöchelchen gleichzeitig in straffe Spannung gesetzt."

Der durch die Thätigkeit des Trommelfellspanners auf die Labyrinthflüssigkeit (mittelbar durch die Steigbügelplatte) ausgeübte Druck kann die verschiedensten Stärkegrade annehmen. Für das normale Ohr unterscheide ich drei Stärkegrade:

1) Beim einfachen, gewöhnlichen Hören des wachenden Menschen scheint mir ein mittlerer, normaler Druckgrad vorhanden, welcher der vollkommenen Gleichgewichtslage entspricht.

2) Für das Lauschen nehme ich einen etwas stärkeren Druckgrad an, welcher zunächst eine stärkere Erregung der Nervenfasern, daher genauere Auffassung der Tondifferenzen bedingt. Diese Art der Spannung des Tensor tympani, welche noch willkürlich erzeugt wird, erträgt der Mensch wie alle willkürlichen Contractionen der Muskelgruppen, sobald sie aus der durch ihre Antagonisten bedingten Gleich-

gewichtslage herausgebracht werden, nicht dauernd; wir können daher das Lauschen ein angestrengtes Arbeiten des Ohres nennen, welches nach einiger Zeit zur Ermüdung führt. Es nimmt dann der ganze Muskelapparat seine Gleichgewichtslage wieder an.

3) Der Schlaf bedingt Erschlaffung der meisten willkürlichen Muskeln; es wird daher der Tensor tympani im tiefen Schlafe auch etwas erschlafft sein, so dass der Druck auf das Labyrinthwasser ein sehr geringer wird.

Wir fühlen dieses leichte Erschlaffen des Spannmuskels zuweilen recht deutlich beim Einschlafen, wenn in unserer Nähe laut gesprochen wird. Von der Sprache verschwinden zuerst die schwachen Consonanten H, B, K, T, F, während die Vocale und die S- und Sch-Laute noch eine Zeit lang, wenn auch unzusammenhängend, zum Bewusstsein kommen. Im recht tiefen, gesunden Schlafe verschwinden dann auch die stärkeren Laute oder kommen wie aus weiter Ferne. Wie viel auf Rechnung der Leitung zum Nervencentrum und wie viel dabei auf die des Paukenhöhlenapparates zu setzen ist, lässt sich natürlich nicht berechnen.

Das pathologisch veränderte Ohr giebt uns reichlich Gelegenheit, die Wirkung stärkerer Druckgrade, unter welche das Labyrinthwasser gesetzt wird, zu beobachten.

Es kann an dieser Stelle natürlich nicht meine Aufgabe sein, die zahlreichen Erkrankungen des Ohres, welche mit Verstärkung des intraauriculären Druckes einhergehen, näher zu erläutern; ich werde daher nur die Symptome oder Empfindungen, welche durch dessen abnorme Verstärkung hervorgebracht werden, schildern, und dann zu erklären suchen, welche Rolle dem Tensor tympani dabei zu vindiciren ist.

Abnorm vermehrte Compression des Labyrinthwassers stört die Perception in zweifacher Weise:

1) verändert sie den physicalischen Character der Schallwellen. Diese werden in einer stärker comprimirten, von starren Wänden umgebenen Flüssigkeit schlechter geleitet und schwächer, weil sich ihre Amplitude verkleinert;

2) setzt sie die Nervenausbreitung zunächst in einen Zustand von Hyperästhesie.

Wir haben gesehen, dass ein gewisser mittlerer, normaler Druck der Steigbügelplatte auf die Fenstermembran und durch diese auf das Labyrinthwasser nöthig ist, damit die Nervenfasern auf den Reiz der Schallwellen normal reagiren; abnorm vermehrter Druck wird also zunächst eine Ueberreizung der Nervenfasern hervorrufen, welche der

Hörnerv als (subjectiv empfundene) Klangsensation beantwortet. Ein solcher stärkerer Reiz wird unter Anderem auch durch den galvanischen Strom auf den Hörnerv ausgeübt *). und es entstehen beim Schliessen sowohl als beim Oeffnen der Kette Klangsensationen. Andere Nervenbahnen unseres Körpers reagiren wieder in anderer Weise, so löst ein Schlag auf das Auge Lichtreflexe und Farbensehen, Geschwülste in der Gegend sensibler Nerven lösen Schmerz durch Druck aus etc.

Bleibt der abnorm vermehrte, intraauriculäre Druck einige Zeit constant, so folgt als Rückwirkung auf das Centralnervensystem Eingenommenheit und Völle, Schwindel und selbst Schmerz im Kopfe, besonders in der Stirngegend, Uebelkeit, Appetitlosigkeit.

Die Klangsensationen manifestiren sich vornehmlich als das sogenannte Wasserbrummen, d. h. als eine gleichmässige Empfindung vieler Töne, welche in keinem harmonischen Verhältnisse zu einander stehen, welche einem gleichzeitigen Reize auf viele Nervenfasern entsprechen und eine nicht näher definirbare Tonmasse entwickeln, wie die vielen grossen und kleinen Luftblasen, welche bei ihrem Austritte aus kochendem Wasser grössere und kleinere Wellenbewegungen in der Luft verursachen (vergl. hierzu die acustische Definition des Regens S. 22).

Bleibt der Hörnerv lange unter solch ungünstigen Verhältnissen, so verwandelt sich die Hyperästhesie allmählig in Anästhesie, die subjectiven Empfindungen lassen nach — aber auch seine empfindliche Reaction auf Schallwellen hat sich verloren und er verharrt dann im Zustande unheilbarer Paralyse und Degeneration seiner Fasern.

Wir fragen jetzt, wie betheiligt sich der Musculus tensor tympani an dem Zustandekommen des abnorm vermehrten, intraauriculären Druckes?

Nach dem über die Zugrichtung dieses Muskels früher Gesagten ist es klar, dass seine das Trommelfell und die Gehörknöchelchenkette einwärts ziehende Kraft nur dann die ihm durch seine Antagonisten limitirte Grenze überschreiten wird, wenn diese nicht mehr ausreichend im Stande sind, ihm das Gleichgewicht zu halten.

a. Der Trommelfellspanner bei anhaltendem Tubenverschluss.

Die Eustachi'sche Röhre oder Tuba ist der einzige Weg, durch welchen die Erneuerung der Luft in der Paukenhöhle bewirkt wird; ist dieser eine Zeit lang undurchgängig für die Ventilation, so ist die

*) Vgl. R. Brenner, Untersuchungen und Beobachtungen auf dem Gebiete der Electrotherapie. 1. Band, 1. Abtheilung. Leipzig 1868.

Paukenhöhle luftdicht abgeschlossen. Da nun der Stoffwechsel in dieser Höhle fortwährend thätig bleibt, so wird das geringe Quantum Luft, welches in ihr enthalten ist, bald verzehrt — es würde daher ein luftleerer oder wenigstens luftverdünnter Raum entstehen. Daher drückt die äussere Luft durch den äusseren Gehörgang stärker auf das Trommelfell und treibt es nach innen. Der Trommelfellspanner wird hierdurch gezwungen, sich zu verkürzen und stärker zusammenzuziehen — er unterstützt ja die Einwärtsziehung des Trommelfelles. Besteht nun dieser Zustand der Verkürzung des Muskels einige Zeit fort, so hat letzterer das gleiche Bestreben, wie alle anderen quergestreiften Muskeln, in dieser verkürzten Stellung zu beharren und, wenn er aus ihr herausgetrieben wird, bald wieder in sie zurückzukehren. Selbst wenn die Tuba später wieder gut durchgängig wird, haben wir noch eine Zeit lang mit diesem Bestreben des Tensor tympani zu kämpfen. Man nennt dieses Verhalten die secundäre Retraction des Muscul. tensor. tympani, weil das Primäre der Luftdruck von aussen war (Politzer). Das Trommelfell bietet in dieser stärkeren Einziehung ein ganz characteristisches Bild, welches Fig. 8 der Tafel darstellt.

Der stark nach hinten gezogene Hammergriff erscheint im Bilde perspectivisch verkürzt. Der kurze Fortsatz tritt als weisses Knöpfchen stärker heraus, der Lichtkegel ist unterbrochen oder ganz verschwunden. Die stärker injicirte v. Tröltsch'sche Tasche hebt sich mehr hervor in Gestalt zweier Falten, welche vom Proc. brev. herab zu beiden Seiten bogenförmig verlaufen.

Die Gehörknöchelchenkette und das Trommelfell sind bei diesem Zustande in abnormer Anspannung, es wird daher ganz besonders die Perception der tieferen Töne beeinträchtigt; die Hörweite wird aber überhaupt stark vermindert sein, weil die Töne in der stärker comprimirten Labyrinthflüssigkeit schlechter geleitet werden.

War die Tuba nur kurze Zeit undurchgängig, so dass sich nur functionelle Störungen im Paukenhöhlenapparate zeigten, ohne dass es zu pathologisch-anatomischen Veränderungen gekommen wäre, so bewirkt in solchen Fällen das Wegsammachen der Tuba sogleich eine wahrhaft wunderbare Herstellung der normalen Hörweite. Bleibt dagegen die Tuba lange Zeit undurchgängig, besteht die abnorme Spannung und Einwärtswölbung lange Zeit, so erschlafft und atrophirt die Membran allmählig durch Degeneration ihrer elastischen Fasern. Diese Atrophie der unteren Hälfte des Trommelfelles findet man nicht selten bei alten Tubarcatarrhen; forcirte Luftdouche bewirkt dann leicht ein Einreissen solcher atrophischen Stellen.

b. Der Trommelfellspanner bei Erschlaffung der Membran.

Wir haben gesehen, dass die natürliche, durch zahlreiche elastische Fasern bedingte Elasticität des Trommelfelles dem Muscul. tensor. tympani gegenüber als eine sehr wichtige antagonistische Kraft aufzufassen ist. Die Gleichgewichtslage der Theile des Paukenhöhlenapparates wird daher ausserordentlich leiden, wenn die elastischen Fasern der Membran durch pathologische Einflüsse in einen Zustand der Erschlaffung gesetzt werden.

Erschlaffung des Trommelfelles beobachtet man nicht selten bei lange vernachlässigten Affectionen des äusseren Gehörganges, besonders des knöchernen Theiles in der Nähe des Annulus tympanicus. Fremde Körper, Ceruminalpfröpfe, oder nach Otitis externa massenhaft abgestossene Epidermislamellen, welche ich bis zu 20 Schichten auf dem Trommelfelle übereinander gelagert fand, bewirken durch langandauernden Druck eine Degeneration und Schwund der elastischen Fasern der Membran. Eine ähnliche, zum Theil auf rein mechanischen Gründen beruhende Entartung der Gewebe, welche Roser sehr passend „Druckschwund“ nannte, beobachtet man häufig an erkrankten Gelenken, besonders am Kniegelenke; hier finden wir nach längerer Unthätigkeit an einzelnen dem Druck stark ausgesetzten Stellen den Knorpel eitrig zerfallen, an anderen Stellen pseudomembranös verwachsen mit der gegenüberliegenden Gelenkfläche. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch an den Gelenkverbindungen der Gehörknöchelchenkette durch ungünstigen Druck und längere Unthätigkeit solche Verwachsungen entstehen, welche die Beweglichkeit des Apparates in hohem Masse beeinträchtigen.

Durch Granulationen im äusseren Gehörgange wird ein solch continuirlicher Reiz auf dessen Auskleidung und auch auf den äusseren Theil des Trommelfelles ausgeübt, dass eine chronische Eiterung und schliesslich Erweichung und fettige Degeneration der Membran folgt. Aber auch nach acuten Erkrankungen der Paukenhöhle, welche mit seröser Durchfeuchtung oder faserstoffiger Infiltration des Trommelfelles einhergehen, beobachtet man selbst nach Heilung der Otitis media noch einige Zeit eine Erschlaffung der Membran, welche dem Trommelfellspanner ein Uebergewicht giebt, so dass die Membran stark nach innen gezogen wird.

Endlich ist es bekannt, dass grössere Narben, wenn sie sich nach Perforationen des Trommelfelles bilden, eine viel geringere Resistenz

bieten und schlaffer und dünner erscheinen als das normale Gewebe. Das Uebergewicht des Tensor tympani kommt bei solchen Narben dann besonders empfindlich zur Geltung, wenn sie die vordere, untere Partie betreffen, weil gerade diese berufen ist, der Zugrichtung des Muskels den erheblichsten Widerstand entgegenzusetzen.

c. Der Trommelfellspanner bei Defecten der Membran.

Die in die zweite Abtheilung dieses Werkes eingereihte Beschreibung der Defecte und die bezüglichen Feststellungen über die Perceptionsverhältnisse solcher Patienten lassen bereits erkennen, dass die einwärts ziehende Kraft des Tensor tympani das Uebergewicht erhält, wenn der Defect eine gewisse Grösse erreicht, und vorzugsweise dann, wenn er die vorderen und unteren Theile der Membran betrifft.

Ein ganz geeignetes Beispiel liefern die Trommelfelle des Patienten Friedr. M. (III. Gruppe).

Die Fig. 5 der Tafel stellt den Defect des linken Trommelfelles dar. Derselbe betrifft, wie man sieht, gerade die Theile, welche der Zugrichtung des Tensor tympani den grössten Widerstand entgegensetzen müssten. Da sie fehlen, so erfolgt, wie die bezüglichen Krankengeschichte nachweist, auf die durch die Lufteintreibung bewirkte Geradstellung des Hammergriffes, bald wieder die Einziehung durch secundäre Retraction der Sehne des Trommelfellspanners.

Der Defect des rechten Ohres dieses Patienten ist dagegen viel günstiger. Er ist etwas kleiner, betrifft mehr die mittleren Theile unter dem Hammergriffe, so dass die starke Kreisfaserschicht des Trommelfelles zum grössten Theil erhalten erscheint, welche einem dauernden Ueberwiegen der einwärtsziehenden Kraft des Muskels einen erheblichen Widerstand entgegensetzt. Die Membran bleibt daher nach der Lufteintreibung länger in ihrer normalen Lage, der Hammergriff mehr gerade, die Hörweite mehr constant, aber es sind andere Veränderungen im schallzuleitenden Apparate zurückgeblieben, welche die Verwerthung des Perceptionsresultates unthunlich erscheinen liessen.

Wenn wir jetzt die Defecte der Patientin Catharina P. (IV. Gruppe) betrachten, so zeigt die Fig. 6 der Tafel, dass noch beträchtlich grössere Theile der beiderseitigen Membranen verloren gegangen sind, der Hammergriff wird daher schon sehr bald nach der durch die Lufteintreibung bewirkten Geradstellung wieder stark eingezogen erscheinen. Die Hörweite besserte sich stets sehr beträchtlich, aber nur auf kurze Zeit, nach der Lufteintreibung.

Als höchsten Grad solcher Einziehung des Hammergriffes bei Defecten beobachtet man wirkliche Verwachsung des Griffendes mit der ihm gegenüberliegenden Wand des Promontoriums. Es ist einleuchtend, dass ein solcher Zustand der Theile des schallzuleitenden Apparates eine sehr bedeutende Schwerhörigkeit bedingt; es combiniren sich hierbei die acustischen aus dem Mangel eines grossen Theils der schallverstärkenden Membran herzuleitenden Schwierigkeiten mit Unbeweglichkeit der Knöchelchenkette und andauerndem, starkem Labyrinthdruck. Die Lufteintreibung hat natürlich in solchen Fällen keinen Effect.

Dagegen habe ich bei der dritten und vierten Gruppe (vergl. S. 106) gezeigt, dass die Hörweite sich wesentlich besserte, wenn durch das Politzer'sche Verfahren der Hammergriff mehr nach aussen getrieben, die Gleichgewichtslage der Kette hergestellt und das Labyrinth von seinem abnormen Drucke befreit wurde. Nur die aus dem Mangel eines Theils der acustischen Thätigkeit des Trommelfelles herzuleitenden Schwierigkeiten in der Perception der Sprache blieben bestehen, so dass die Patienten für die höheren Sprachlaute S und Sch ein relativ feines, für die mittleren ein mässiges und für die tiefen, besonders für das R, ein sehr schlechtes Auffassungsvermögen hatten.

Die secundäre Retraction der Sehne des Trommelfellspanners kann aber selbst bei grossen Membrandefecten ausbleiben, und daher eine ziemlich constante Hörfähigkeit fortbestehen, wenn nämlich der Muskel selbst bei dem vorangegangenen Eiterungsprocesse der Paukenhöhle gelitten hat.

Man findet gar nicht selten bei vollkommenen Defecten des Trommelfelles die Gehörknöchelchenkette in der Gleichgewichtslage, den Hammergriff nicht eingezogen und dabei ein relativ gutes Gehör. Man kann hierbei annehmen, dass der Tensor tympani durch fettige Degeneration oder Eiterung erschlafft ist, während die Eiterung die nach dem Labyrinthe zu gelegenen Theile der Paukenhöhle verschonte. Ich führe diese Betrachtungen vornehmlich desshalb hier ein, um bei etwaigen Sectionen die Aufmerksamkeit auf den Zustand dieses so wichtigen Muskels etwas mehr hinzulenken.

Dritter Abschnitt.

1. Die Schutzapparate des Ohres.

Wir haben schon im Vorstehenden mehrfach Gelegenheit gehabt, die Functionen der beiden wichtigsten Sinnesorgane zu vergleichen — während die Schutzapparate des Auges frei an der Oberfläche liegen, so dass sie bei einiger Ueberlegung sogleich bemerkt werden, verbergen sich die des Ohres weit mehr und verlangen zuerst ein eingehenderes Studium des inneren Baues und der übrigen Thätigkeiten des schallzuleitenden Apparates, ehe sie genügend definirt werden können. Nach den in den vorigen Abschnitten gegebenen Erläuterungen wird es nicht schwer fallen, zu erkennen, dass zum Schutze des Ohres folgende Einrichtungen und Theile angeordnet sind:

a. Der Bau und die Absonderung des äusseren Gehörganges.
b. Die Elasticität und Resistenzfähigkeit des Trommelfelles.
c. Die Binnenmuskeln des Ohres und die elastischen Befestigungsbänder der Gehörknöchelchenkette.
d. Die Eustachi'sche Tuba und der Nasenrachenraum.
e. Die Sperrzähne des Hammer-Ambos-Gelenkes.

Die Schallröhre, welche der äussere Gehörgang repräsentirt, verläuft bekanntlich bei den meisten Menschen nicht geradlinig, sondern in leicht S-förmiger Krümmung. Es folgt aus dieser Construction, dass die von Aussen kommenden Schallwellen, dass Wind und Flüssigkeiten nicht direct auf das Trommelfell fallen, sondern zuerst an den Wänden des Gehörganges eine Brechung erleiden. Diese Wände sind besonders an dem den äusseren Einflüssen zunächst

ausgesetzten knorpligen Theile mit einer recht derben Epidermis überkleidet, auf welcher ausserdem gewöhnlich eine dünne Schicht Cerumen haftet. Nach dem Trommelfelle zu im knöchernen Theile des Gehörganges wird der Epidermisüberzug zarter, die absondernden Drüsen seltener.

Der Eingang des äusseren Gehörganges ist ferner noch etwas durch den vorspringenden knorpligen Tragus geschützt, so dass der Gang nicht frei und glatt an die Oberfläche mündet, sondern durch den Tragus gewissermassen mit einem Halbdache versehen ist.

Diese Einrichtungen schützen die zarten Theile des Paukenapparates zunächst nur vor den gröbsten Insulten, denn einerseits ist ersichtlich, dass sehr starke Schallwellen, selbst wenn sie nicht direct auf das Trommelfell fallen, sondern erst von den Wänden reflectirt werden, noch einen sehr schädlichen Einfluss haben würden, wenn nicht noch weitere Schutzvorrichtungen da wären — andererseits findet man bei nicht wenigen, ganz normal hörenden Menschen den äusseren Gehörgang sehr weit und fast geradlinig verlaufend, dabei oft trocken ohne Cerumen und den Tragus so kurz, dass man das Trommelfell schon, ohne die Ohrmuschel nach hinten und oben zu ziehen, sieht, wenn man nur den Tragus ein wenig abhebt. Die übrigen Schutzapparate des Ohres müssen also in seinem inneren Bau begründet sein.

Während das Auge für die empfindlichen Theile des Bulbus seine äusseren Schutzapparate in Lidern und Cilien besitzt, welche es sofort und unwillkürlich schützen, wenn allzugrelle Lichtstrahlen oder andere Schädlichkeiten ihm drohen — und wieder andere Apparate, welche in rastloser Thätigkeit den durch die Arbeit des Auges bedingten Stoffverbrauch ersetzen, so hat auch das Ohr noch Apparate, welche es vor allzuheftigen Schalleindrücken bewahren, und solche, welche die Regeneration der Theile nach längerer Thätigkeit ermöglichen helfen.

Die Construction des Trommelfelles ist auch zu ihrem Schutze ganz geeignet. Die Membran ist zwar ihrer Bestimmung für Zuleitung der Schälle nach sehr dünn, aber sie ist gegen die wechselnden Einflüsse der uns umgebenden Atmosphäre wenig empfindlich, sie schützt daher auch die Paukenhöhle als Scheidewand gegen die äussere Luft. Ihre elastischen Fasern sind in zwei Schichten gelagert; eine Kreisfaserschicht und eine Radiärfaserschicht verleihen der zarten Membran eine grosse Widerstandskraft. Schmiedekam*) fand, dass das Trom-

*) l. c. pag. 47.

melfell eines einige Wochen in Spiritus aufbewahrten menschlichen Ohrpräparates die Belastung einer Quecksilbersäule bis zu 143 Centimeter Höhe bedurfte, ehe es einriss; das des Hundes riss schon bei der Belastung mit einer Quecksilbersäule von 66 Centim., das des Schafes schon bei einer solchen von 34 Centim. Höhe. Vielleicht ist diese geringe Resistenzfähigkeit der Trommelfelle von Hund und Schaf darin begründet, dass die Ohrmuscheln dieser Thiere, vermöge ihres Baues und vermöge der Fähigkeit ihre Stellung willkürlich zu ändern, einen grösseren Schutz gewähren, als die des Menschen.

Hat nun das Trommelfell schon an sich eine ziemlich beträchtliche Widerstandskraft, so wird diese noch vermehrt durch die Möglichkeit, seinen Spannungsgrad zu verändern. Hiermit komme ich zu der bereits angedeuteten anderen Eigenschaft des Musc. *tensor tympani*.

Eine gekrümmte Membran kann auf Luftdruckschwankungen hin stärkere Excursionen machen, wenn sie im Zustande der Erschlaffung, als wenn sie im Zustande der Spannung ist; eine *schlaffe Membran* wird also bis zu ihrer grössten Nachgiebigkeits- oder Ausdehnungsgrenze vorgewölbt werden, der Luftdruck wird sie mehr in der Gewalt haben, mehr Herr über sie sein als über eine *mässig gespannte Membran*, welche ihm einen grösseren Widerstand entgegenzusetzen vermag. Erschlaffte Trommelfelltheile, z. B. Narben, reissen bei starken Luftdruckschwankungen, auch abgesehen von ihrem dünneren Baue, leichter, weil sie zu stark vorgewölbt werden bei der Luftdouche. Wir haben gesehen, dass der Tensor tympani das Trommelfell anspannt — man ist daher schon a priori berechtigt, anzunehmen, dass er die Membran stärker anspannen wird, wenn allzustarke Schälle oder Luftdruckschwankungen sie zu verletzen drohen.

Nach einem bekannten acustischen Gesetze erleiden die Schallwellen eine Tonhöheänderung, wenn sie durch eine Membran gehen welche eine veränderliche Spannung besitzt. Meine Versuche (vergl. S. 196, 197 und 198) haben ausserdem nachgewiesen, dass Töne, welche durch eine dem Trommelfelle ähnliche gekrümmte Membran verstärkt werden, höher erscheinen, sobald man die Membran stärker anspannt. Der Beweis für die stärkere Spannung des Trommelfelles gegenüber von sehr starken Schällen wird daher als genügend erbracht angesehen werden können, wenn man findet, dass uns starke Töne in der Nähe der Schallquelle höher scheinen, als in der Ferne.

Zu dieser Annahme bin ich durch folgende Beobachtung veranlasst worden.

Wenn ich mein Ohr der oberen Oeffnung einer sehr stark

tönenden Zungenpfeife von 64 Schwingungen in der Secunde (deren Ton etwa dem C^{-1} anderer Instrumente oder einer achtfüssigen Orgelpfeife entspricht) näherte, so erschien der Ton der Pfeife etwa um $\frac{1}{2}$ Ton höher, als wenn ich mich in einiger Entfernung von der Pfeife befand. Man könnte zunächst einwenden, dass der Ton der Pfeife selbst dadurch etwas verändert würde, dass mein Kopf etwa einen Theil der oberen Oeffnung verdeckte — aber dem entgegen erscheint ganz dasselbe Phänomen, wenn ich der Pfeife einen ganz gleichgestimmten grossen Schallbecher oder Resonator aufsetze und nun den Kopf etwa 1 Fuss über dessen obere Oeffnung halte. Es ist nicht denkbar, dass der Ton des grossen Schallbechers mit der sehr weiten oberen Oeffnung sich dadurch verändere, dass ich etwa 1 Fuss darüber und seitwärts meinen Kopf halte.*) Ein ähnliches Verhalten konnte ich bei den sehr grossen, tiefen, auf Resonanzkästen stehenden Stimmgabeln constatiren; der starke Ton derselben erschien gleichfalls in der Nähe des Ohres etwa $\frac{1}{2}$ Ton höher als in einiger Entfernung. Ich schloss aus diesen Beobachtungen, dass, sobald sehr starke Schälle auf das Ohr einwirken, die schützende Kraft des Trommelfellspanners thätig wird, dass sich der Muskel mehr contrahirt, das Trommelfell stärker spannt. Wird aber die Membran stärker gespannt, so werden die Töne bei ihrem Durchgange höher als vorher klingen.

Eine Bestätigung dieser Ansicht fand ich in dem Aufsatze Politzer's „über die willkürliche Contraction des Musculus tensor tympani".**) Die dort niedergelegte Beobachtung betrifft einen Wiener Arzt, welcher im Stande ist, willkürliche Contractionen seines Trommelfellspanners zu erzeugen.***) Der musikalisch fein gebildete Beobachter bemerkte, dass einzelne Töne des Klaviers während der Contractionen etwa $\frac{1}{4}$ Ton höher schienen als vorher.

Wenn wir uns nun noch einmal den Bau der Theile des Paukenapparates vergegenwärtigen und bedenken, dass mit stärkerer An-

---

*) Ich bemerke hierbei, dass mir derartige Experimente mit starken Schallquellen trotz des wirksamen Schutzes meines Trommelfellspanners das Gehör entschieden angriffen, so dass ich für die nächste Zeit etwa 20 Minuten lang ein unbehagliches Gefühl von Druck in der Stirngegend, Vibriren im Ohr, etwas verminderte Hörkraft und nervöse Aufregung bemerkte.

**) Archiv für Ohrenheilkunde. IV, 1, pag. 191 fg.

***) Aehnliche Fälle von willkürlicher Contraction des Musc. tensor. tymp. haben Schwarze und Lucae beobachtet.

Vergl. „Kleinere Mittheilungen von Dr. Schwarze". Archiv für Ohrenheilkunde, II, 1, pag. 4, und „Ueber eine neue Methode zur Untersuchung des Gehörorganes" von Dr. Lucae. Archiv für Ohrenheilkunde, III, 2, pag. 201 fg.

spannung des Trommelfelles zugleich die Gehörknöchelchenkette mehr nach Innen rückt, weil sich die Sehne des Spannmuskels zunächst am Hammer ansetzt, bei stärkerer Contraction des Muskels sich also die Excursionsfähigkeit der Kette mindert, der Steigbügel stärker in das ovale Fenster drückt, somit das Labyrinthwasser unter stärkeren Druck setzt — so folgt daraus, dass starke Schälle das Labyrinthwasser in ganz beträchtlich geringere Erschütterung versetzen werden, wenn der Trommelfellspanner seine Function als Schutzapparat des Ohres ausübt.

Auch diese Ansicht von der Thätigkeit des Muskels findet ihre Bestätigung in den Beobachtungen über die willkürliche Contraction desselben und in den experimentellen Studien Politzer's und Lucä's.

Die Versuche Politzer's*) haben gezeigt, dass bei Reizung des Nerv. trigeminus in der Schädelhöhle frisch getödteter Thiere sich der Trommelfellspanner contrahire, und hierbei ebenso wie bei dessen passiver Anziehung durch einen um seinen Bauch geschlungenen Faden die Excursionen des Hammers während gleichzeitiger Einwirkung starker Töne geringer wurden. Derselbe Autor constatirte weiter bei dem im Vorigen erwähnten Wiener Arzte, dass sich die allgemeine Hörweite während der Contractionen des Muskels verringerte für das Uhrticken um 3 Fuss, für die Sprache um mehrere Klafter, und dass dabei diese sowohl als der Ton der vor das Ohr gehaltenen Stimmgabel auffallend dumpfer gehört wurden.

Hiermit glaube ich die Thätigkeiten des Trommelfellspanners einigermassen abgegrenzt zu haben. Die Annahme einiger Autoren, als ob dieser Muskel das Ohr für jede einzelne Schalldifferenz durch fortwährend wechselnde Erschlaffung und Contraction accommodire, erscheint sonach nicht zutreffend. Wollte man eine derartige Thätigkeit ihm zumuthen, so würde er z. B. beim Anhören eines Symphoniesatzes ganz gewiss nach kurzer Zeit erlahmen; es wäre dies ein ähnliches Ansinnen an den Muskel, als wenn man von der Iris verlangen wollte, sie solle sich bei der Betrachtung jedes Gegenstandes, welcher verschiedene Farben hat, in rascher Folge ebenso viele Male zusammen ziehen und wieder erweitern. Die Thätigkeit des Tensor tympani bietet überhaupt viele Analogien mit der der Iris. Auch die Muskeln der Iris erschlaffen bis zu einem gewissen Grade im Schlafe, die Pupille erweitert sich, der intraoculäre Druck wird geringer, der Erregungszustand der Netzhaut damit herabgesetzt; auch die Iris verändert

*) Archiv für Ohrenheilkunde, I, 1.

ihre Spannung nicht fortwährend beim Sehen, sondern sie zieht sich langsam auf besonders grelle Lichteindrücke zusammen und erweitert sich ebenso langsam wieder.

Ein ähnliches Verhalten für die Adaption des Paukenapparates zum gewöhnlichen Hören, zum Lauschen und für die Ruhe einerseits, sowie für den Schutz des Mittel- und inneren Ohres andererseits konnten wir dem Trommelfellspanner in seinen verschiedenen Spannungsgraden vindiciren.

Die eben beschriebenen Schutzapparate waren im Wesentlichen gegen die durch den äusseren Gehörgang kommenden Schädlichkeiten gerichtet — betrachten wir jetzt die Vorrichtungen, welche bestimmt sind, die empfindlichen Theile des Ohres vor inneren Insulten, d. h. vor solchen, welche ihm vom Nasenrachenraume her zugefügt werden können, zu schützen. Hierzu müssen wir zuerst die Tuba Eustachii und den Nasenrachenraum etwas näher ins Auge fassen.

Wir haben gesehen, dass die Tuba die Ventilation der Paukenhöhle besorgt; sie führt ihre eigenen Secrete und die der Paukenhöhle nach dem Rachen hin ab und ermöglicht die Ausgleichung der Luft der Paukenhöhle mit der äusseren Atmosphäre. Sonach ist es für die ungehinderte Function des schallzuleitenden Apparates von fundamentaler Wichtigkeit, dass die Tuba im vollsten Masse ihre Schuldigkeit thut. Wie dies geschieht — ob die Tuba für gewöhnlich geschlossen ist und sich nur beim Schlingacte öffnet, oder ob sie bis zu einem gewissen Grade stets offen ist und sich nur beim Schlingacte erweitert, darüber sind die Forscher noch immer nicht einig geworden. *)

Durch die Güte des Herrn Dr. Passavant dahier hatte ich Gelegenheit, die Bewegungen der Rachenmündung der Tuba an einem 28jährigen

---

*) Die wichtigsten und interessantesten Untersuchungen hierüber hat in den letzten Jahren Dr. Rüdinger in München angestellt. Er zeigt, dass der obere Theil der Tuba eine Sicherheitsröhre, der untere eine Hilfsspalte darstellt, welche letztere besonders beim Schlingacte an dem Pharyngealende sich weit öffnet. Die Entscheidung der Frage, ob die Sicherheitsröhre beständig oder nur zeitweise offen ist, behält er noch weiteren Untersuchungen vor. Er zeigt endlich, dass der M. tensor tympani an der Grenze des knöchernen und knorpligen Theiles der Tuba entspringt.

Rüdinger hat seine Forschungen vor Kurzem zusammengefasst. Das verdienstvolle Werk stellt einen prächtigen Atlas mit 65 Abbildungen dar. Vergl. „Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Histologie der Ohrtrompete von Professor Dr. Rüdinger in München. 1870". Verlag von Lentner.

Manne mit breiter Gaumenspalte zu beobachten. Ich schicke voraus, dass nach der Ansicht des Herrn Dr. Passavant die Thätigkeit der Tubenmuskeln trotz der Gaumenspalte als nicht beeinträchtigt zu betrachten war und dass die Gehörorgane des jungen Mannes vollkommen normale Functionen zeigten. Man sah ganz deutlich, wie sich beim Schlingacte die Hilfsspalte der Tuba bedeutend erweiterte, bei Würgbewegungen constatirte man mit dem angelegten Finger ein sehr energisches und festes Schliessen der Tubenmündung. Das letztere scheint besonders wichtig dafür, dass beim Erbrechen, Speisereste, wenn sie etwa die Nase passiren, nicht in die Tuba eingepresst werden können.

Da ich keine ausreichenden, selbstständigen Versuche über das Offensein der Sicherheitsröhre angestellt habe, so sehe ich hier davon ab und will nur die acustische Thätigkeit der Tuba einer Besprechung unterziehen.

In der zweiten Abtheilung dieses Werkes habe ich bei der Darstellung der Defecte des schallzuleitenden Apparates gezeigt, dass bei allen diesen Versuchspersonen nach dem Durchgängigmachen der Tuba eine sehr beträchtliche Hörbesserung constatirt werden konnte. Alle anderen Beobachter haben das Gleiche berichtigt und gaben für diese Erscheinung verschiedene Gründe an; ich bin der Ansicht, dass weder die Reinigung der Paukenhöhle von Secret, noch die Veränderung der Resonanzverhältnisse allein und jedes für sich diese Hörbesserung bewirken, sondern dass mehrfache Aenderungen im Zustande des schallzuleitenden Apparates zur Erklärung vereinigt werden müssen. Wenn wir die Wirkung der Luftdouche bei dem vollkommenen Defecte der fünften Gruppe (Verlust von Trommelfell, Hammer und Ambos) betrachten, so mögen Schleim, Staubtheilchen u. s. w. durch den Luftstrom mit fortgerissen, die Labyrinthfenster befreit, der Steigbügel etwas mobiler gemacht und so eine Hörbesserung erzielt werden. Bei der dritten und vierten Gruppe kommt noch hinzu, dass der Luftstrom eine Zerrung der Sehne des Trommelfellspanners hervorbringt und so der Einziehung des Trommelfellrestes entgegenarbeitet. In anderen Fällen werden vielleicht abnorme Verwachsungen durch ihn gelockert. Aber der Luftstrom bewirkt durch das Freimachen der Tuba zugleich eine Aenderung der Resonanzverhältnisse des Ohres.

Es ist klar, dass zunächst in den Fällen von Defect des Trommelfelles der Eigenton des Abschnittes Gehörgang — Paukenhöhle ein anderer wird, wenn die Tuba geöffnet ist. Der Resonanzraum ist hierdurch vergrössert worden.

Bei normalem Trommelfelle erscheint es für den Durchgang der Schallwellen durch den Paukenapparat nicht gleichgültig, ob die im Uebrigen von starren Wänden umgebene Paukenhöhle eine Gegen-

öffnung besitzt oder nicht. Es werden in abgegrenzten Räumen, sei es dass diese mit Flüssigkeit angefüllt sind wie das Labyrinth, sei es dass sie lufthaltig sind, wie die Paukenhöhle, die Schallwellen leichter durchschwingen, wenn der Raum Oeffnung und Gegenöffnung besitzt, als wenn er nur einen Zugang hat.

Um den Zweck als Schallabflussrohr zu erfüllen, braucht die Tuba nicht stets breit offen zu sein; es können die Schallwellen auch durch sie entweichen, wenn an einer kleinen Strecke die Wände mit dem lockeren Schleimhautgewebe lose aneinander liegen (vergl. Rüdinger's Abbildungen), oder eine dünne Flüssigkeitsschicht die Wände cohärent macht, deren Widerstand leicht zu überwinden ist. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, dass die Schallzuleitung weniger behindert ist, wenn sich die Luftdruckschwankungen in der Paukenhöhle, welche durch starke Bewegungen des Trommelfelles entstehen, rasch ausgleichen können vermittelst der durch die Sicherheitsröhre offenen Tuba, als wenn sie erst an der, wenn auch leicht geschlossenen Tuba, einen gewissen Widerstand finden. Freilich sind die Luftdruckschwankungen, welche die gewöhnlich hörbaren Töne erzeugen, sehr gering, aber stärkere Schälle, wie ich sie früher als von grossen Locomotiven ausgehend geschildert habe, Töne von Pauken oder sehr grossen Orgelpfeifen und Kanonenschüsse bedingen jedenfalls in der relativ kleinen Paukenhöhle erhebliche Luftdruckschwankungen. Wir haben gesehen, dass der Trommelfellspanner in der Tuba seinen Ursprung nimmt, es mag nicht unwahrscheinlich sein, dass er bei stärkererer Contraction auf starke Schälle auch den critischen Theil der Tuba durch Spannung der Schleimhautfalten etwas breiter durchgängig macht.

Aber auch abgesehen davon stellt die Tuba, sei sie für gewöhnlich offen oder leicht geschlossen, ein sehr geeignetes Abflussrohr für die vom Ohre zurückkehrenden Schallwellen dar. Zeigte sich uns die Ohrmuschel desshalb besonders gut geeignet, den Uebergang der Schallwellen von der Luft an die knöchernen Theile des Ohres zu vermitteln, weil sie nachgiebig weich, ein knorpliges Gebilde ist, so ist vielleicht auch andererseits der knorplige Theil der Tuba besonders geeignet, die Rückkehr der Schallwellen von den knöchernen Theilen des Ohres zur äusseren Luft vermitteln zu helfen.

Ich habe diese letzten Ansichten über eine Function der Tuba hier eingeführt, obwohl sie noch nicht durch Versuche genügend gestützt sind, ähnlich wie die am Schlusse des vorigen Abschnittes über die fettige Degeneration des Musc. tensor tympani, mehr um die Aufmerksamkeit bei etwaigen Nachuntersuchungen darauf hinzulenken, als

weil ich sie für unangreifbar hielt. Ich würde sie überhaupt nicht discutirt haben, wenn nicht Rüdinger in seinem eben citirten Werke die Hoffnung ausgesprochen hätte, dass die Ohrenärzte ihre etwaigen acustischen Beobachtungen über die Tuba mittheilen möchten.

Für die normale Thätigkeit der Tuba überhaupt ist endlich die freie Durchgängigkeit der Nasengänge und das Verhalten des Nasenrachenraumes von fundamentaler Wichtigkeit. Erst in neuerer Zeit ist man, angeregt durch eine Arbeit Lucae's*), darauf aufmerksam gemacht worden.

Beim Schlingacte hebt sich bekanntlich das Gaumensegel und schliesst den oberen Nasenrachenraum vom Schlunde ab, zugleich erweitert sich die Tuba; es folgt zunächst eine leichte Verdichtung der Luft in der Paukenhöhle, welche das Heraufsteigen des Gaumensegels hervorbringt, also eine positive Luftdruckschwankung. Mit dem nun folgenden Herabsteigen des Gaumensegels wird sich also eine leicht auspumpende Bewegung verbinden, welche eine negative Luftdruckschwankung in der Paukenhöhle erzeugt. Durch den sofort eintretenden Zustrom bei offenen Nasengängen wird eine stärkere Luftverdünnung im Nasenrachenraum und in der Tuba vermieden; halten wir uns aber die Nasenlöcher bei wiederholten Schlingbewegungen verstopft (Toynbee'scher Versuch), so werden wir bald ein Ueberwiegen der negativen Luftdruckschwankung in der Paukenhöhle und ein stärkeres Nachinnenrücken des Trommelfelles wahrnehmen. Bei länger bestehender, krankhafter Verschliessung der Nasengänge beobachten wir daher häufig jene erwähnte Einknickung (Fig. 8 der Tafel) des Trommelfelles und eine Schwerhörigkeit, welche sich während des Schlingactes steigert.

Hiernach gehört also auch der Nasenrachenraum zu den Ventilations-, resp. Schutzapparaten des Ohres und ist dessen normales Verhalten von der grössten Wichtigkeit für den normalen Luftdruck in der Paukenhöhle.

Die endgültige Regulirung der Frage über Offen- oder Geschlossensein der Tuba wird, wie auch Lucae bemerkt**), sich schon desshalb hinausziehen, weil das Lumen dieses Canales bei verschiedenen Menschen so ausserordentlich verschiedene Grössenverhältnisse zeigt. Durch

---

*) Ueber einen bisher nicht erwähnten Zusammenhang zwischen Nasen- und Ohrenkrankheiten von Dr. August Lucae in Berlin. Archiv für Ohrenheilkunde, IV, 3.

**) l. c.

fleissiges Cathetrisiren der verschiedensten Patienten habe ich gefunden, indem ich aus der Höhe und sonstigen Beschaffenheit der Töne, welche der Luftstrom bei seinem Eindringen in die Paukenhöhle erzeugt, auf die relative Weite des Tubarlumens schloss, dass Menschen mit verhältnissmässig kleinem Kopfe, kleiner Mund- und Nasenöffnung, enge äussere Gehörgänge, dabei überhaupt verengte Knochencanäle und vorzugsweise enge Tuben haben, daher a priori zu Erkrankungen des Ohres prädisponirt sind. Ueber die angeerbte Disposition zu Ohrenleiden bei ganzen Familien mit derartigem Baue werde ich in einer späteren Arbeit berichten.

Nach den bis jetzt beschriebenen Verhältnissen der Tuba und des Paukenapparates würden zu starke negative wie positive Luftdruckschwankungen noch immer sehr schädlich werden können, erstere dadurch, dass mit Einwärtsdrehung des Hammers und mit dem Zuge der Sehne des Tensor tympani nach innen der Steigbügel zu stark in das ovale Fenster gedrückt würde — letztere dadurch, dass Trommelfell und Hammer bei verstärktem Luftdrucke von der Tuba aus (wie dies z. B. bei der Luftdouche geschieht) den Steigbügel mitnähmen und aus dem ovalen Fenster herausrissen; wenn nicht der Bau und die Mechanik der Gehörknöchelchenkette gegen solche Einflüsse zu einem sehr wirksamen Schutzapparate eingerichtet wären.

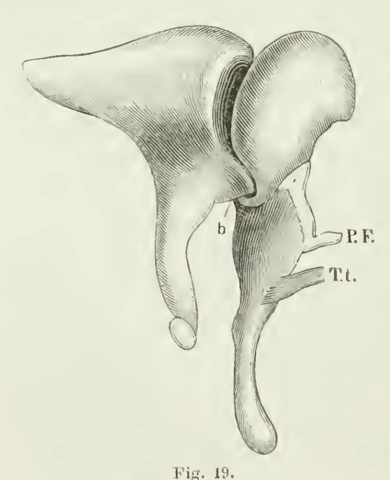


Fig. 19.

Die von Helmholtz entdeckten Sperrzähne des Hammer-Ambos-Gelenkes*) stellen diesen Schutzapparat dar.

Helmholtz sagt: „Das Hammer-Ambos-Gelenk ist zwar für eine ganze Reihe kleiner Verschiebungen ein schlaffes, widerstandsloses Gelenk, ausserdem auch nur von einer sehr zarten, leicht zerreisslichen Kapselmembran umschlossen, aber einer Art der Verschiebung widersteht es in der natürlichen Lage der Knochen vollkommen sicher und fest; bei der Einwärtsdrehung seines Handgriffes fasst nämlich der Hammer den Ambos fest, wie eine Zange, während bei der Auswärtsdrehung des Hammergriffes beide

*) Vergl. die Mechanik der Gehörknöchelchen von H. Helmholtz, p. 27 u. fg.

Knochen sich von einander lösen. In dieser Beziehung entspricht die mechanische Wirkung des Gelenkes vollkommen den Gelenken mit Sperrzähnen, wie man sie an Uhrschlüsseln anzubringen pflegt. Man kann das Hammer-Ambos-Gelenk betrachten als ein solches Uhrschlüsselgelenk mit zwei Sperrzähnen. Von diesen ist je einer an der untersten Seite beider Gelenkflächen sehr deutlich ausgebildet. Der des Hammers liegt nach der Seite des Trommelfelles, der des Amboses gegen die Trommelhöhle gewendet. Wenn man sich einen Hammer und den dazu gehörigen Ambos an kleinen Holzstäbchen mit Siegellack passend befestigt, so dass das eine Hölzchen etwa in der Richtung des Processus Folianus liegt, das andere den Processus brevis incudis verlängert, so fühlt man sehr deutlich, wie fest und sicher der Hammer den Ambos packt, sobald man seinen Handgriff nach innen dreht. Dagegen weichen die Knöchelchen durch die entgegengesetzte Drehung sogleich von einander und lassen sich gegenseitig los. Am unverletzten Ohre hat dies zur Folge, dass der Hammer durch die Luft, die in die Paukenhöhle dringt, ziemlich weit nach aussen getrieben werden kann, ohne den Steigbügel mitzunehmen und ohne ihn aus dem ovalen Fenster herauszutreiben." — Die Figur 19 stellt die beiden Knöchelchen Hammer und Ambos in der Lage, wo ihre Sperrzähne an einander schliessen, von der Paukenhöhlenseite aus gesehen, dar; P.F ist der Stumpf des Processus Folianus, T.t. die Sehne des Trommelfellspanners; bei b erscheint der Sperrzahn des Ambos.*)

---

2. Die Grenzen der Perception. Tiefste und höchste Töne.

Aus dem exacten Baue des schallzuleitenden Apparates konnten wir schliessen, dass er im Stande ist, Schalldifferenzen getreu zu übertragen, welche so klein sind, dass sie mit dem Microscope kaum noch nachgewiesen werden können — vor dem Labyrinthe hatte ich mit dem Leser Halt gemacht, weil wir dessen eigentliche Thätigkeit mit den uns bis jetzt zu Gebote stehenden Hilfsmitteln noch nicht er-

*) l. c. pag. 38.

schliessen können. Dennoch muss ich hier noch eine Frage berühren, welche sich insofern auf das Labyrinth bezieht, als sie die Grenzen betrifft, innerhalb deren der Nervenapparat auf Töne Antwort giebt. — Wenn sich aus der Construction des Paukenapparates ergab, dass dieser vermöge seines wunderbar exacten Baues alle denkbaren Schwingungen, die grössten wie die kleinsten, getreu übertragen kann, so muss es offenbar in der eingeschränkten Leistungsfähigkeit unseres Nervenapparates beruhen, dass wir nicht alle denkbaren Töne als solche, d. h. als continuirliche auffassen können.

In der neuesten Zeit sind uns nun Hilfsmittel an die Hand gegeben, um die Grenzen zu bestimmen, innerhalb welcher tiefste wie höchste Töne noch von unserem Gehörnervenapparate unterschieden werden. Nach dem Vorgange Savart's hatte man bisher angenommen, dass das menschliche Ohr noch Töne als continuirlich empfinden könnte, welche 8 Schwingungen in der Secunde machen*), Helmholtz bewies aber**), dass Savart sich getäuscht habe, denn der so erzeugte angeblich tiefste Ton war kein einfacher, d. h. nicht zusammengesetzter, sondern von einer grossen Anzahl Obertönen begleitet, konnte desshalb keine reine Tonempfindung hervorgerufen haben.

Einen einfachen Ton empfinden wir als continuirlich, wenn seine einzelnen Schwingungen oder Tonstösse sich so schnell folgen, dass wir deren Intervalle nicht mehr unterscheiden können, d. h. wenn die Tonstösse so rasch aufeinander folgen, dass bereits ein zweiter Tonstoss erfolgt, bevor noch der erste die Nervenbahn so vollkommen durchlaufen hat, dass er dem Centrum zum klaren Bewusstsein gekommen ist. Ein ähnliches Verhalten zeigen Lichteindrücke.

Wenn man einen Reif, an welchem in Zwischenräumen 3 oder 4 brennende Körper befestigt sind (wie dies bei Feuerwerkskörpern so oft in Anwendung kommt), zuerst langsam und dann rascher rotirt, so werden dem Beobachter sehr bald die 3 oder 4 Körper zu einem einzigen, feurigen, Kreise vereinigt scheinen.

Zur Erzeugung einfacher, nicht zusammengesetzter Töne bedient man sich am besten der grossen von König in Paris angefertigten vierkantigen Stimmgabeln. Diese können durch an ihren Branchen verschiebbare Klammern auf verschiedene Töne abgestimmt werden; eine an den Branchen angebrachte Scala ermöglicht ausserdem die

*) Savart erzeugte diese Töne mit Hilfe eines rotirenden Stabes, welcher durch enge Spalten schlug.

**) Tonempfindungen, pag. 267.

genaue Bestimmung der Schwingungen, und man kann die Klammern so von je 4 zu 4 Schwingungen verschieben.

Herr Geh. Rath Helmholtz hatte die Güte, mir an dem oben beschriebenen Instrument die Grenze der Perception für tiefste, einfache Töne zu demonstriren. Es zeigte sich bei diesen Versuchen, dass die Töne der grossen Stimmgabel nach der Tiefe zu immer schwächer wurden. Ein Ton von 32 Schwingungen in der Secunde erschien mir schon sehr schwach, bei grosser Anstrengung und Aufmerksamkeit konnte ich noch einen solchen von 28 Schwingungen unterscheiden. In die neueste Auflage seiner „Lehre von den Tonempfindungen" (bei Vieweg 1870) hat der Herr Verfasser die Beschreibung der beiden grossen Stimmgabeln (pag. 279) eingefügt. Er sagt dort u. A.:

„Die eine Stimmgabel giebt Töne von 24 bis 35, die andere von 35 bis 61 Schwingungen. Die verschiebbaren Gewichte haben die Form von Platten, 5 Centimeter im Durchmesser; je eine dieser Platten ist ein Spiegel. Bringt man das Ohr ganz nahe an diese Platten, so hört man die tiefen Töne sehr gut. Bei 30 Schwingungen hört man noch deutlich einen schwachen, dröhnenden Ton, bei 28 kaum noch eine Spur, obgleich man leicht Oscillationen von 9 Millimeter Amplitude in dieser Weise ganz dicht vor dem Ohre erzeugen kann."

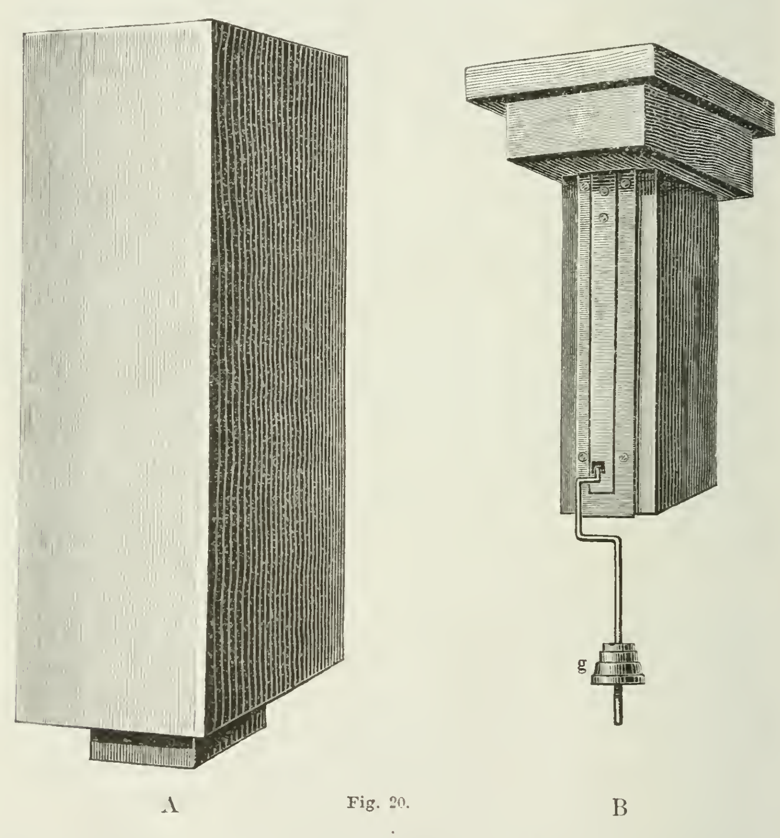
Bekanntlich ist die Leistungsfähigkeit aller Sinnesorgane unseres Körpers ebenso wie die der Muskelgruppen insofern eine nur relative, als sie durch Uebung vergrössert, durch Vernachlässigung vermindert wird. So habe ich gelegentlich der Definition des Obertöneapparates (S. 20) darauf hingewiesen, dass man es durch Uebung bald dahin bringt, auch ohne Zuhilfenahme der schallverstärkenden Kraft der Resonatoren den Grundton zu hören, wenn man einige seiner harmonischen Theiltöne zugleich erklingen lässt, oder den Grundton in seine Partialtöne zu zerlegen; auch für die Beobachtung der Summations- und Differenztöne erlangt man bald durch Versuche eine gewisse Fertigkeit.

Dennoch scheint mir diese Leistungsfähigkeit selbst des geübtesten Ohres die Grenze zu haben, dass ein tiefster, einfacher Ton, selbst wenn man ihn in der grössten Stärke erzeugen könnte, erst dann eine continuirliche Tonempfindung hervorruft, wenn die Schwingungen der Luft die Zahl von 28 in der Secunde erreichen, weil eine geringere Anzahl von Schwingungen in der Secunde nicht als Ton, sondern als einzelne Luftstösse isolirt zum Bewusstsein gebracht werden können.

Zum Beweise dieser Theorie hat Appunn einen recht sinnreichen

Apparat construirt, welcher aus vier grossen Zungenpfeifen besteht und welchen wir den Tongrenzeapparat nennen wollen.

Die erste Zunge dieses Apparates, welche am langsamsten schwingt, ist an ihrem freien Ende mit einem Gewichte beschwert, welches an einem Schraubengange wie ein Pendel verschoben werden kann. Die Zunge wird durch den vom Blasetische kommenden Windstrom in der Secunde viermal vor- und rückwärts bewegt, macht vier Schwingun-



A Fig. 20. B

gen in der Secunde. Die Fig. 20, B stellt die Zunge nebst Gewicht, die Fig. 20, A den dazu gehörigen Resonanzkasten dar. Der Apparat B passt in den Resonanzkasten A, und das Ganze beruht auf demselben Princip der Construction von Zungenpfeifen, welches bei Fig. 1 (S. 11) erläutert wurde. Das Gewicht g kann vermittelst des Schraubenganges höher oder tiefer gestellt werden, wodurch die Zungenschwingungen entsprechend rascher oder langsamer werden. Man unterscheidet keine Spur von Ton, wenn

die Zunge schwingt, sondern man hört einfach das Absetzen des Windstromes viermal in der Secunde.*)

Die zweite Zunge, welche durch Anlöthen eines Metallstückes am freien Ende gleichfalls beschwert ist, macht acht Schwingungen in der Secunde, auch sie giebt keinen Ton, sondern macht blos den Eindruck einer Klappermühle.

Die dritte Zunge macht 16 Schwingungen in der Secunde und entspricht etwa einem C^{-3} oder Subcontra-C. Man unterscheidet zwar noch die einzelnen Luftstösse deutlich, doch hört man bereits einen Ton dabei entstehen, dieser ist aber die nächst höhere Octave und entspricht nahezu dem Contra-C von 32 Schwingungen in der Secunde. Bei der Definition des R-Lautes habe ich erwähnt, dass die groben Vibrationen der Zungenspitze beim R linguale ganz genau der Zahl 16 in der Secunde entsprechen und mit Hilfe dieser Zungenpfeife gefunden wurden.

Die vierte Zunge endlich giebt einen deutlichen Grundton, welcher nahezu dem $C^{-2} = 32$ Schwingungen entspricht. Trotz der zahlreichen ihn wie alle Töne der Zungenpfeifen begleitenden Obertöne fällt er auf dieser Pfeife doch sehr stark ins Ohr, weil die Pfeife in grosser Stärke ertönt.

Die Grenzen der Leistungsfähigkeit anderer musikalischer Instrumente lassen sich für die Orgel noch bestimmen, weil Lippenpfeifen noch ziemlich einfache, nicht zusammengesetzte Töne zu erzeugen im Stande sind. Bei diesen wird noch als continuirlicher Ton das Contra-C der 16fussigen gedeckten mit 33 Schwingungen in der Secunde vernommen.

Die Bestimmung der Grenze der Perception für die höchsten Töne geschieht mittelst runder Stäbe von sehr feinem Stahl, welche an einem Faden aufgehängt und durch Anschlagen in longitudinale Schwingungen versetzt werden. Die Fig. 21 stellt einen solchen Stab dar.

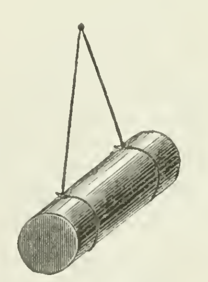


Fig. 21.

An einer früheren Stelle habe ich erwähnt, dass sehr hohe Töne das Ohr verhältnissmässig sehr stark berühren, meinen Ohren waren die Versuche mit den hohen Tönen dieser Stahlstäbe sehr empfindlich, namentlich in der viergestrichenen Octave, dagegen

*) Der ganze „Tongrenzeapparat“ besteht aus vier derartigen Zungenpfeifen, welche auf einen sehr starken Blasetisch aufgesetzt werden müssen.

wurde der Ton in der fünfgestrichenen auffallend viel weniger empfindlich und schwächer und verlor sich endlich ganz beim letzten Stahlstabe, welcher einen Ton der siebengestrichenen Octave enthielt.

Es ist bekannt, dass die Töne gewisser Insecten, z. B. der Grille, sehr hoch in der Scala liegen, doch schien mir keiner der von Insecten hervorgebrachten Töne den höchsten Ton dieses letzten Stahlstabes zu erreichen; nach der Berechnung von König in Paris macht dieser 20 480 Schwingungen in der Secunde, nach unsrer bisherigen Berechnung würden daraus 10 240 (Doppel) Schwingungen resultiren.

Der höchste Ton, welcher auf der Violine hervorgebracht werden kann, entspricht dem h^{IV}, dem viergestrichenen h. Auf dem grössten Obertöneapparate kann man, wie ich schon früher erwähnte, mittelst sehr fein gearbeiteter Zungen noch ein c^{5} (von 4032 Schwingungen in der Secunde) fixiren.

Wenn man endlich erwägt, dass geübte Musiker noch Tondifferenzen unterscheiden können, welche sich wie 1000 : 1001 verhalten, so können wir mit Stolz auf die Leistungsfähigkeit eines Sinnesorganes blicken, dessen wunderbare Thätigkeit uns täglich und stündlich oft unbewusst entzückt, und wenn unsere Generation mit demselben Eifer wie in der neuesten Zeit das lange vernachlässigte, physiologische Studium des Gehörorgans weiter führt, so wird sie von der zuverlässigen Hoffnung begleitet sein, dass auch die Behandlung der Ohrenkrankheiten einer grossen Zukunft entgegengeht.

---

3. Schlussbemerkungen.

Wohl nicht wenige der Leser, welche mir ihre Aufmerksamkeit bis hierher geschenkt haben, werden zum Schlusse die Frage an mich richten, „welchen Nutzen bringen solche Untersuchungen der leidenden Menschheit?“ Leider müssen wir uns gestehen, dass der nächste practische Nutzen von vielen physiologischen Arbeiten der Neuzeit nicht sofort in die Augen springt gegenüber dem grossen Aufwand an Zeit und Mühe der Autoren.

Es kann ihrer ganzen Natur nach die physiologische Forschung der Jetztzeit keine raschen. therapeutischen Erfolge erzeugen, weil sie noch viel zu sehr mit ihrer eigenen Entwicklung beschäftigt ist. zu ihrem Wachsthum noch alle frischen Kräfte und Säfte des eben urbar gemachten Bodens in Anspruch nimmt.

Von diesem Gesichtspuncte aus möge auch der therapeutische Werth der vorliegenden Arbeit betrachtet werden. Dennoch habe ich die Hoffnung, dass, wenn es mir gelungen sein sollte, in ihr den Functionen der einzelnen Theile des Ohres eine etwas präcisere Definition gegeben zu haben, sie auch einen Beitrag liefern werde, um für den operativen Theil der Ohrenkrankheiten, welcher erst in der neuesten Zeit begonnen hat, einige Beachtung zu finden, etwas festere Indicationen aufzustellen.

Nur mit wenig Worten will ich endlich noch einen Vorschlag machen, welcher vielleicht geeignet ist, zur Verbesserung der Lage jener unglücklichen Ohrenkranken, welche Trommelfell, Hammer und Ambos verloren haben, beizutragen. Wenn wir wissen, welche Reihe von Klängen, Tönen oder Buchstaben dem defecten Ohre fehlt, so wird es möglich sein, durch Hilfsmittel diese zu ersetzen. Oft habe ich bemerkt, dass die Patienten mit solchen Defecten, welche intelligent genug waren, der Entstehung der Consonanten am Munde des Sprechenden zu folgen, mit Leichtigkeit ganze Sätze auffassten, wenn sie den Sprecher aufmerksam betrachteten, während sie abgewendet selbst sehr laut gesprochene Worte nicht verstanden. Hierauf würde sich vielleicht ein System begründen lassen, um solchen Kranken das Verständniss der Sprache zu erleichtern, wenn man sie früh daran gewöhnte, auf die Mundstellung bei Aussprache der Consonanten zu achten und so die Vocale zu hören, die Consonanten gewissermassen zu lesen. In den Taubstummenanstalten ist ein ähnliches System zur Erlernung der Sprache bereits im Gange, erfordert aber grosse Mühe und Ausdauer von Seite des Lehrers wie des Lernenden. Für unsere Kranken, welche die Vocale deutlich hören, würden vielleicht wenig Sitzungen genügen, um die Consonanten vom Munde ablesen zu lernen. Leider wird dies bei solchen mit vollkommenem Defecte abgelaufenen Processen die einzige therapeutische Nachhilfe sein, welche ich für jetzt vorschlagen kann. Dagegen wird es der Technik nicht schwer fallen, für Ohrenkranke mit theilweisem Defecte des Trommelfelles passende Instrumente zur Verstärkung der das Ohr treffenden Schallwellen aufzufinden.

Das sogenannte Material, welches mir noch für die vorliegenden Untersuchungen zu Gebote stand, wird von der Zeit an, wo die Kenntniss und rationelle Behandlung der Krankheiten des Ohres mehr und mehr Eigenthum jedes practischen Arztes, und die Ohrenheilkunde nicht mehr blos das Stiefkind der Chirurgie sein wird, wenn sie vollgültig und gleichberechtigt mit den übrigen Disciplinen der Wissen-

schaft auf allen Universitäten gehört und gelernt wird — von dieser Zeit an wird zum Segen der Menschheit, so hoffe ich, auch die Zahl der unheilbaren Ohrenkranken sich verringern, weil man sich daran gewöhnen wird, den oft unscheinbaren Beginn der Erkrankungen zu beachten und die zarten Theile des Paukenapparates durch rechtzeitiges Eingreifen vor tief gehenden Zerstörungen zu bewahren. Es wird dann freilich ein ganz schätzbares Material zur Feststellung der Function dieser Theile fehlen, aber mein sehnlichster Wunsch ist der, dass die Physiologie des Ohres bis dahin so weit vorgeschritten ist, dass man die Pathologie zur Feststellung von physiologischen Lehren entbehren kann.

Verzeichniss der einschläglichen Literatur.

1. Wolfgang v. Kempelen, Mechanismus der menschlichen Sprache. Wien 1791.
2. E. F. F. Chladni, Die Akustik. Leipzig 1802.
3. E. F. F. Chladni, Die Hervorbringung der menschlichen Sprachlaute. Gilbert's Annalen B. 76.
4. F. Savart, Verschiedene Abhandlungen in den Annales de Chemie et Physique. Paris 1824—1831.
5. Ségond, Memoires sur la parole. Archive général. IV[e] Série, Tom. XIV.
6. Joh. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. 1840. Coblenz.
7. Valentin, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1844. Braunschweig.
8. Erhard, De auditu quodam difficili nondum observato. Berlin. Dissertation. 1849.
9. Ernst Brücke, Untersuchungen über Lautbildung und das natürliche System der Sprachlaute. 1849. Sitzungsbericht der kais. Akademie der Wissenschaften.
10. Eduard Weber, Ueber den Mechanismus des menschlichen Gehörorgans. 1851. Bericht über die Verhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften. Leipzig.
11. Joseph Toynbee, On the functions of the muscles of the tympanum in the human ear. 1853. British and foreign Medico-chirurgical Review. B. XI.
12. Ernst Brücke, Grundzüge der Physiologie und Systematik der Sprachlaute für Linguisten und Taubstummenlehrer. Wien 1856.
13. F. C. Donders, Ueber die Natur der Vocale. Erste briefliche Mittheilung an Herrn Prof. Brücke. 1857.
14. Karl Koppe, Anfangsgründe dsr Physik. 1858.
15. Adolf Fick, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane. 1861.
16. Anton v. Tröltsch, Die Anatomie des Ohres. 1861.
17. Anton v. Tröltsch, Die Krankheiten des Ohres. 1862.
18. Joseph Toynbee, Die Krankheiten des Gehörorgans, übersetzt von Moos. 1863.
19. Herrmann Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen. 1863.
20. Adam Politzer, Untersuchungen über Schallleitung und Schallfortpflanzung. Archiv für Ohrenheilkunde. 1864. B. I, 1.

21. Hermann Schwarze, Practische Beiträge zur Ohrenheilkunde. 1864.
22. August Lucae, Untersuchungen über die sogenannte Knochenleitung. Archiv für Ohrenheilkunde. 1864. I, 4.
23. Hermann Schwarze, Kleinere Mittheilungen. Archiv für Ohrenheilkunde. 1865. II, 1.
24. Adam Politzer, Die Beleuchtungsbilder des Trommelfelles. Wien 1865.
25. Joh. Czermak, Ueber den Spiritus asper und lenis. Sitzungsbericht der kais. Akademie der Wissenschaften. 1865. Dec.
26. Joseph Gruber, Anatomisch-physiologische Studien über das Trommelfell und die Gehörknöchelchenkette. 1867.
27. A. Prussak, Zur Physiologie und Anatomie des Blutstromes in der Trommelhöhle. 1868.
28. Adam Politzer, Neue Untersuchungen über die Anwendung von Stimmgabeln zu diagnostischen Zwecken bei Krankheiten des Gehörorgans. Wiener medicinische Wochenschrift. 1868.
29. G. Gottfried Weiss, Allgemeine Stimmbildungslehre für Gesang und Rede. 1868.
30. Georg Appunn, Ueber die Helmholtz'sche Lehre von den Tonempfindungen. Bericht der Wetterauischen Gesellschaft. 1868.
31. B. Riemann, Mechanik des Ohres. Zeitschrift für rationelle Medicin. 1868.
32. Hermann Schwarze, Die kaustische Behandlung eitriger Ohrcatarrhe. Archiv für Ohrenheilkunde. 1868. IV, 1.
33. R. Brenner, Untersuchungen und Beobachtungen auf dem Gebiete der Electrotherapie. 1868.
34. Adam Politzer. Ueber willkürliche Contraction des Musc. tensor tympani. Archiv für Ohrenheilkunde. 1868. IV, 1.
35. W. Henke, Der Mechanismus der Gehörknöchelchen. Zeitschrift für rationelle Medicin. 1868.
36. August Lucae, Ueber einen bisher nicht erwähnten Zusammenhang zwischen Nasen- und Ohrenkrankheiten. Archiv für Ohrenheilkunde. IV, 3.
37. John Tyndall, Der Schall. Autorisirte deutsche Ausgabe, herausgegeben durch H. Helmholtz und G. Wiedemann. 1869.
38. Georg Engel, Studien zur Theorie des Gesanges. Archiv für Physiologie von Reichert und Du Bois-Reymond. 1869.
39. Voltolini, Die Krankheiten des äusseren Ohres. Monatsschrift für Ohrenheilkunde. Jahrg. II, 1. 1869.
40. H. Helmholtz, Die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfelles. 1869. Bonn.
41. Müller und Pouillet, Lehrbuch der Physik. 1869.
42. Hensen und Schmiedekam, Experimentelle Studien zur Physiologie des Gehörorgans. Kiel 1869.
43. Rüdinger, Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Physiologie der Ohrtrompete. München 1870.
44. Adam Politzer, Beiträge zu den Hörprüfungen mittelst der Stimmgabel. Separatabdruck a. d. Wiener medic. Presse 1870.

Erklärung der Trommelfellbilder.

Alle Bilder sind in etwas mehr als natürlicher Grösse dargestellt.

Fig. 1. Bild eines normalen Trommelfelles des linken Ohres. Man erkennt den Hammergriff, kurzen Fortsatz und Lichtkegel; v. Tröltsch's Tasche ist angedeutet.

Fig. 2. Bild eines normalen Trommelfelles des rechten Ohres: v. Tröltsch's Tasche erscheint etwas stärker hervortretend.

Fig. 3. Bild eines defecten Trommelfelles des linken Ohres. I. Gruppe. Man erkennt durch die Perforationslücke die gelbrothe Schleimhaut der gegenüberliegenden Paukenhöhlenwand.

Fig. 4. Bild eines defecten Trommelfelles des linken Ohres. II. Gruppe. Die Perforationsöffnung ist etwas grösser als in Fig. 3.

Fig. 5. Bild eines defecten Trommelfelles des linken Ohres. Die Grösse des Defectes beträgt über $1\frac{1}{2}$ Quadranten der Membran. III. Gruppe. Der Hammergriff steht noch ziemlich gerade.

Fig. 6. Bild eines defecten Trommelfelles des linken Ohres. IV. Gruppe Ueber 2 Quadranten der Membran sind verloren. Der Hammergriff erscheint stark eingezogen, perspectivisch verkürzt, der kurze Fortsatz mehr vorspringend, desgleichen die Tasche v. Tröltsch's. Die Schleimhaut der gegenüberliegenden Paukenhöhlenwand erscheint mehr saturirt roth.

Fig. 7. Bild eines vollkommenen Defectes des rechten Paukenapparates mit Verlust von Trommelfell, Hammer und Ambos. Man erkennt oben einen weissen sichelförmigen Streifen, es sind Reste der Tasche v. Tröltsch's und des Annulus tympanicus. Im hinteren oberen Quadranten nach links erscheint das Köpfchen und beide Schenkel des Steigbügels; im vorderen unteren Quadranten ist die Nische des runden Fensters angedeutet; dazwischen erscheint die Wand des Promontoriums, gelbroth mit deutlich sichtbaren Gefässreiserchen.

Fig. 8. Bild eines durch secundäre Retraction der Sehne des Trommelfellspanners eingeknickten Trommelfelles des linken Ohres. Die Tasche v. Tröltsch's und der kurze Fortsatz treten sehr stark hervor, der Hammergriff dagegen erscheint eingezogen perspectivisch verkürzt, die Griffgefässe injicirt, der Lichtkegel unterbrochen. Die Membran erscheint mehr bleigrau, weniger durchscheinend.



Wolf, Sprache und Ohr.

Nach d. Natur in Oel gem. von Georg Cornicelius in Hanau

Lith. Anst. v. J. G. Bach

Berichtigungen.

S. 15 Zeile 12 v. o. statt „dahier“ lies „in Hanau.“

S. 32 Zeile 9 v. o. statt „c^{V}“ lies „c^{IV}.“

S. 44 Zeile 1 v. u. statt „Sprechmaschrne“ lies „Sprechmaschine.“

S. 70 Zeile 11 v. o. statt „c^{3}“ lies „c^{-3}.“

S. 107 Zeile 5 v. u. statt „Catheder“ lies „Catheter.“

S. 116 Zeile 4 v. u. soll das Wort „falsch“ wegfallen.

S. 150 Zeile 8 v. o. statt „Excursionfähigkeit“ lies „Excursionsfähigkeit.“

S. 168 Zeile 9 v. o. statt „est“ lies „es.“

S. 170 Zeile 15 v. o. statt „Consonantenzusammensetzungen“ lies „Consonantenumsetzungen.“

